



TUGAS AKHIR - TF 141581

**PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN
GELOMBANG BERBASIS THIESSEN POLYGON DAN
JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL
JAWA TIMUR**

WINDARI AFRITA SONYA
NRP. 2413 100 061

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 141581

**DESIGNING WAVE HEIGHT PREDICTION BASED
THIESSEN POLYGON AND ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK in EAST JAVA SEA**

WINDARI AFRITA SONYA
NRP. 2413 100 061

Supervisors :
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windari Afrita Sonya

NRP : 2413100061

Departemen : Teknik Fisika

dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya berjudul “PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN GELOMBANG BERBASIS THIESSEN POLYGON DAN JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL JAWA TIMUR” adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya menerima sanksi ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Juli 2017
Yang membuat pernyataan,



Windari Afrita Sonya
NRP. 2413100061

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN
GELOMBANG BERBASIS THIESSEN POLYGON DAN
JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL
JAWA TIMUR**

Oleh :

Windari Afrita Sonya
NRP. 2413 100 061

Surabaya, Juli 2017

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**



Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.
NIPN. 196601161989032001

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**



Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.
NIPN. 196309071989031004

**Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS**



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 197809022003121002

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN GELOMBANG BERBASIS THIESSEN POLYGON DAN JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL JAWA TIMUR




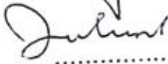

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Windari Afrita Sonya
NRP. 2413 100 061

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.  (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.  (Pembimbing II)
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.  (Penguji I)
4. Ir. Zulkifli, M.Sc.  (Penguji II)
5. Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  (Penguji III)

SURABAYA
Juli, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN GELOMBANG BERBASIS THIESSEN POLYGON DAN JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL JAWA TIMUR

Nama : Windari Afrita Sonya
NRP : 2413 100 061
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Aulia S. Aisjah, M.T.
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

Abstrak

Kasus kecelakaan transportasi laut yang terjadi sebagian besar diakibatkan oleh faktor cuaca. Informasi data cuaca seperti ketinggian gelombang sangat penting untuk kegiatan transportasi laut agar tidak membahayakan keselamatan. Namun, peramalan cuaca oleh BMKG hanya untuk titik koordinat tertentu saja. Penelitian pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem prediktor tinggi gelombang yang mengintegrasikan metode thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan. Data yang digunakan yaitu data angin tahun 2012 sampai 2016. Objek pengambilan data diantaranya koordinat titik $6.874824^{\circ}\text{S}-112.747800^{\circ}\text{E}$, koordinat $7.144933^{\circ}\text{S}-114.10690^{\circ}\text{E}$ dan koordinat $3.540425^{\circ}\text{S}-114.48430^{\circ}\text{E}$. Data angin tersebut digunakan untuk menghitung tinggi gelombang signifikan dengan metode Sverdrup Munk Bretschneider. Hasil tinggi gelombang signifikan digunakan untuk peramalan tinggi gelombang dengan metode thiessen polygon koordinat yang tidak memiliki data tinggi gelombang yaitu koordinat $5.578029^{\circ}\text{S}-113.77044^{\circ}\text{E}$. Perancangan prediktor tinggi gelombang koordinat $5.578029^{\circ}\text{S}-113.77044^{\circ}\text{E}$ $t+1$ dilakukan dengan menggunakan jaringan saraf tiruan dengan arsitektur terbaik 36-10-12 dan nilai *learning rate* 0.3. Hasil validasi terhadap tinggi gelombang ramalan metode thiessen polygon diperoleh nilai MAPE 12.59% dari sumber data aktual yaitu situs www.buoyweather.com. Validasi data pengujian dari perancangan sistem prediktor jaringan saraf tiruan didapatkan nilai MAPE 18,86%. Hasil ketepatan peramalan prediksi tinggi gelombang tahun 2017 dari sistem prediktor jaringan saraf tiruan diperoleh MAPE sebesar 15,95%.

Kata Kunci : jaringan saraf tiruan, SMB, thiessen polygon, tinggi gelombang signifikan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESIGNING WAVE HEIGHT PREDICTION BASED THIESSEN POLYGON AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK in EAST JAVA SEA

Name : Windari Afrita Sonya
NRP : 2413 100 061
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisors : 1. Prof. Dr. Ir. Aulia S. Aisjah, M.T.
2. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

Abstract

Cases of marine transport accidents that occur largely due to weather factors. Weather data information such as wave height is essential for marine transportation activities in order not to endanger safety. However, weather forecasting by BMKG is only for certain coordinate points only. The research on this final project is designing high wave predictor system which integrates thiessen polygon and neural network method. The data used are wind data from 2012 to 2016. Objects of data retrieval are coordinates point 6.874824°S-112.747800°E, coordinates 7.144933°S -114.10690° E and coordinates 3.540425°S-114.48430°E. The wind data is used to calculate significant wave heights by the Sverdrup Munk Bretschneider method. Significant wave height results are used for wave height forecasting with thiessen polygon coordinate method which has no wave height data ie p 5.578029°S-113.77044°E coordinates. The design of high-wave predictor coordinate 5.578029°S-113.77044°E $t + 1$ is done by using artificial neural network with the best architecture 36-10-12 and the value of learning rate 0.3. The result of validation of the wave height forecast of thiessen polygon method obtained MAPE value of 12.59% from actual data source ie website www.buoyweather.com. Validation of test data from design of predictor system of artificial neural network got MAPE value 18,86%. The result of accurate prediction of wave height prediction of 2017 from artificial neural network predictor system obtained by MAPE 15,95%.

Keywords: *artificial neural network, significant wave heights,SMB, thiessen polygon.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul **PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN GELOMBANG DAN KECEPATAN ARUS LAUT BERBASIS THIESEN POLYGON DAN JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL JAWA TIMUR**

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. dan Bapak Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumensi yang telah memberikan ilmu, petunjuk, nasihat, serta kemudahan perizinan.
4. Bapak Ir. Jerri Susatio, M.T. selaku dosen wali penulis.
5. Kedua orang tua (Bapak Afliza Hendri dan Ibu Rita Susanti) serta kedua saudara (Andri Fibranta dan Quintr Nofitri). Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
6. Seluruh teman Tugas Akhir, terima kasih untuk semuanya.

7. Seluruh dosen, karyawan, dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan Tugas Akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Title Page</i>	iii
Lembar Pengesahan Bebas Plagiasi	v
Lembar Pengesahan I	vii
Lembar Pengesahan II	ix
Abstrak	xi
<i>Abstract</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	7
2.1 Cuaca dan Iklim	7
2.2 Unsur Cuaca dan Iklim	8
2.3 Jaringan Saraf Tiruan	16
2.4 Algoritma <i>Backpropagation</i>	23
2.4.2 Pelatihan Jaringan <i>Backpropagation</i>	24
2.5 Metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB)	25
2.6 Analisa Penyesuaian Data Angin	27
2.7 <i>Fetch</i>	30
2.8 Metode Thiessen Polygon	32
2.9 Validasi Ketepatan Peramalan	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Studi Literatur	37
3.2 Pengambilan Data Cuaca Maritim	38
3.3 Perancangan Sistem Prediktor.....	37
3.4 Pengolahan Data	38

3.4	Perhitungan Tinggi Gelombang Signifikan Menggunakan SMB.....	54
3.5	Peramalan Tinggi Gelombang Secara Spasial Menggunakan Metode Thiessen Polygon	56
3.6	Validasi Hasil Peramalan Tinggi Gelombang Metode Thiessen Polygon	59
3.7	Pengolahan Data Untuk Ramalan Temporal	59
3.8	Perancangan Prediktor Tinggi Gelombang Secara Temporal	60
3.9	Validasi Sistem Pengujian Prediktor	67
3.10	Simulasi Sistem Prediktor Temporal.....	67
3.11	Validasi Simulasi Hasil Prediktor	68
3.12	Analisa Hasil	68
3.13	Penarikan Kesimpulan.....	69
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	70
4.1	Perhitungan Tinggi Gelombang Signifikan Masing-Masing Koordinat.....	71
4.2	Peramalan Tinggi Gelombang Menggunakan Metode Thiessen Polygon	75
4.3	Validasi Tinggi Gelombang Signifikan Metode Thiessen Polygon	77
4.4	Analisis Model Jaringan Saraf Tiruan.....	82
4.5	Analisis Validasi Hasil Simulasi Sistem Prediktor Temporal	84
BAB V	PENUTUP	87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran.....	88
LAMPIRAN	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah mata angin	8
Gambar 2.2 Angin Laut	10
Gambar 2.3 Angin Darat.....	11
Gambar 2.4 Mawar Angin (Varma, 2013).....	12
Gambar 2.5 Bentuk Gerakan Gelombang Laut.....	13
Gambar 2.6 Gelombang Laut Mencapai Pantai (Putri, 2015)....	14
Gambar 2.7 Jaringan Layar Tunggal	18
Gambar 2.8 Jaringan Layar Jamak	19
Gambar 2.9 Jaringan dengan Lapisan Kompetitif	19
Gambar 2.10 Fungsi Threshold (Siang, 2005).....	21
Gambar 2.11 Fungsi Sigmoid (Siang, 2005)	22
Gambar 2.12 Fungsi Identitas (Siang, 2005)	22
Gambar 2.13 Arsitektur Backpropagation	23
Gambar 2.14 Perhitungan Tinggi Gelombang Menggunakan Grafik SMB (CERC, 1984).....	26
Gambar 2.15 Grafik Faktor Koreksi Akibat Perbedaan Temperatur (CERC, 1984)	28
Gambar 2.16 Grafik Nilai Faktor Korelasi Akibat Perbedaan Ketinggian (CERC, 1984)	29
Gambar 2.17 Fetch Efektif (Frans, 2013).....	31
Gambar 2.18 Cara polygon thiessen (Hasanudin, 2014)	33
Gambar 3.1 Diagram Alur Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir	35
Gambar 3.2 Koordinat Pengambilan Data dan Objek Analisa Penelitian di laut Jawa Timur.....	37
Gambar 3.3 Diagram blok sistem prediktor spasial dan temporal	38
Gambar 3.4 Gambar Windrose Koordinat 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$ Tahun 2012-2016.....	41
Gambar 3.5 Kecepatan angin koordinat 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$	42
Gambar 3.6 Gambar windrose koordinat 7.144933 S - 114.106900 E tahun 2012-2016	44

Gambar 3.7 Kecepatan angin koordinat 7.144933 ⁰ S -114.10690 ⁰ E.....	45
Gambar 3.8 Windrose Koordinat 3.540425 ⁰ S-114.484300 ⁰ E Tahun 2012-2016.....	47
Gambar 3.9 Kecepatan Angin Koordinat 3.540425 ⁰ S-114.484300 ⁰ E	48
Gambar 3.10 Fetch Arah Timur koordinat 6.874 ⁰ S-112.747 ⁰ E	49
Gambar 3. 11 Panjang Fetch Arah Timur Koordinat 7.144933 S -114.106900 E.....	51
Gambar 3. 12 Panjang Fetch Arah Tenggara Koordinat 3.540425 ⁰ S-114.484300 ⁰ E.....	52
Gambar 3.13 Blok Diagram Perhitungan Tinggi Gelombang Menggunakan Teori SMB	54
Gambar 3.14 Flowchart Algoritma Metode SMB.....	55
Gambar 3.15 Blok Diagram Sistem Prediktor Secara Spasial ...	57
Gambar 3.16 Pembagian Daerah Koordinat Penelitian Menjadi Polygon.....	58
Gambar 3.17 Blok Diagram Sistem Prediktor Secara Temporal	60
Gambar 3.18 Kotak Dialog Manager Toolbox	63
Gambar 4.1 Tinggi Gelombang Koordinat 6.874824 ⁰ S-112.747800 ⁰ E	72
Gambar 4.2 Tinggi Gelombang Koordinat 7.144933 S -114.106900 E.....	73
Gambar 4.3 Tinggi Gelombang Koordinat 3.540425 ⁰ S-114.484300 ⁰ E	74
Gambar 4.4 Tinggi Gelombang Koordinat 5.578029 ⁰ S-113.77044 ⁰ E	76
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan dengan Data Buoyweather ...	81
Gambar 4.6 Perbandingan Data Target dengan Hasil Simulasi.	83
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang secara Temporal.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Besar sudut dan arah angin (Putri, 2015).....	9
Tabel 2.2 Skala Beufort Acuan Perkiraan Ketinggian Gelombang (Putri, 2015)	15
Tabel 3.1 Penggolongan Data Kecepatan dan Arah Mata Angin di Perairan Surabaya di titik koordinat $6.874824^{\circ}\text{S}-112.747800^{\circ}\text{E}$ periode tahun 2012-2016.....	39
Tabel 3.2 Prosentase Data Kecepatan dan Arah Angin	40
Tabel 3.3 Penggolongan data kecepatan arah mata angin pada titik koordinat $7.05000^{\circ}\text{S}-113.97000^{\circ}\text{E}$ periode tahun 2012-2016.....	43
Tabel 3.4 Prosentase data kecepatan dan arah angin	43
Tabel 3.5 Penggolongan Data Kecepatan Arah Mata Angin Titik Koordinat $3.540425^{\circ}\text{S}-114.484300^{\circ}\text{E}$ Periode Tahun 2012-2016	46
Tabel 3.6 Prosentase Data Kecepatan dan Arah Angin	46
Tabel 3.7 Perhitungan Fetch Efektif Arah Selatan Koordinat $6.8748^{\circ}\text{S}-112.747^{\circ}\text{E}$	50
Tabel 3.8 Perhitungan Fetch Efektif Untuk Arah Timur Koordinat $7.144933\text{ S}-114.106900\text{ E}$	51
Tabel 3.9 Perhitungan Fetch Efektif untuk Arah Tenggara Koordinat $3.540425^{\circ}\text{S}-114.484300^{\circ}\text{E}$	53
Tabel 4.1 Nilai Performansi dan Korelasi Hasil <i>Training</i>	65
Tabel 4.2 Peramalan Tinggi Gelombang <i>Buoyweather</i>	77
Tabel 4.3 Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang Signifikan secara Spasial dan Data <i>Buoyweather</i>	79

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

g	: gravitasi (m/s)
H_s	: tinggi gelombang signifikan (m)
F_{eff}	: Fetch efektif (km)
U_a	: Tegangan angin (m/s)
T_p	: periode gelombang (s)
T_d	: durasi waktu data (s)
$U(10)$: Kecepatan angin pada elevasi 10 (m/s)
U_z	: Kecepatan angin ketinggian pengukuran (m/s)
Z	: Ketinggian pengukuran (m)
U	: kecepatan angin setelah dikoreksi (m/s)
RT	: koefisien stabilitas
RL	: Faktor korelasi akibat perbedaan ketinggian
U_w	: Kecepatan di atas permukaan laut (m/s)
U_L	: Kecepatan angin di atas daratan (m/s)
L_{fi}	: Panjang fetch ke-i
α_i	: sudut pengukuran fetch ke-i
i	: jumlah pengukuran fetch
R	: Data cuaca daerah penelitian
$R1$: Data tinggi gelombang ditiap titik koordinat
A	: Luas daerah Thiessen yang mewakili titik koordinat 1,2,...n (km)
n	: Jumlah stasiun cuaca
X_t	: Data aktual
F_t	: Data yang diramalkan
n	: Jumlah data
$A1$: Koordinat 6.874824°S-112.747800°E
$A2$: Koordinat 7.144933 S -114.106900 E
$A3$: Koordinat 3.540425°S-114.484300 °E

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dikenal sebagai negara maritim yang memiliki sekitar $\frac{3}{4}$ dari luas daratan berupa lautan. Lautan di Indonesia mempunyai peranan penting dalam kegiatan perekonomian, transportasi dan wisata bagi masyarakat Indonesia. Transportasi laut mempunyai peran sangat penting dalam kegiatan perekonomian dan sarana transportasi utama guna menjangkau dan menghubungkan pulau-pulau di wilayah nusantara (Hakim, 2011). Salah satu lautan yang memiliki kepadatan aktifitas maritimnya terdapat di laut Jawa. Laut Jawa adalah perairan dangkal dengan luas kira-kira 310.000 km² di antara pulau Kalimantan, Jawa, Sumatera dan Sulawesi. Letak laut Jawa yang strategis menjadikan laut Jawa sebagai laut yang memiliki wilayah dengan kegiatan transportasi laut yang padat. Peningkatan aktifitas transportasi memiliki dampak yang baik terhadap perekonomian negara namun hal tersebut juga berdampak terhadap meningkatnya insiden dan kecelakaan transportasi (Chandra, 2010). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan peningkatan insiden kecelakaan transportasi laut adalah faktor kesalahan manusia dan faktor alamiah. Besar presentase penyebab kecelakaan transportasi laut yaitu kesalahan manusia 41%, bencana alam 38% dan karena struktur kapal adalah 21% (Aisjah, 2011).

Faktor alamiah adalah kondisi cuaca pada rute jalur pelayaran yang dilewati oleh kapal tersebut. Kondisi cuaca maritim dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kecepatan angin, kecepatan arus laut dan ketinggian gelombang di lautan. Cuaca yang mudah berubah-ubah secara tidak beraturan akan mengganggu sarana transportasi laut. Cuaca ekstrem seperti gangguan angin kencang dan gelombang tinggi membahayakan keselamatan untuk pelayaran. Informasi mengenai cuaca maritim tersebut sangat penting untuk diketahui sebelum melakukan aktifitas di lautan. Fungsi utama dari informasi cuaca bagi

pelayaran adalah memberi petunjuk pemilihan jalan agar kapal dapat berlayar dengan aman.

Fenomena El-Nino dan La-Nina merupakan salah satu akibat dari penyimpangan cuaca. Fenomena ini akan menyebabkan penurunan dan peningkatan jumlah curah hujan untuk beberapa daerah di Indonesia. Akibat fenomena tersebut menjadikan informasi cuaca sulit untuk diprediksi untuk kebutuhan kelayakan pelayaran (Putri, 2015). Banyak kasus kecelakaan transportasi laut yang terjadi yang diakibatkan oleh faktor cuaca. Sepanjang tahun 2014, telah terjadi sebanyak 150 kasus tenggelamnya kapal dan 28 kasus kapal terbalik. Kasus kecelakaan pada tahun 2015 yaitu tenggelamnya kapal motor Marina yang disebabkan murni karena faktor alam yaitu tingginya gelombang laut yang datang melebihi tinggi kapal. Kasus tersebut adalah kecelakaan pelayaran terbesar kedua selama 2015 (Saputra, 2015).

Indonesia memiliki suatu lembaga pemerintahan pemantau cuaca yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). BMKG melaksanakan tugas pemerintahan di bidang klimatologi, dan geofisika. Informasi tentang peramalan cuaca tersebut sangat membantu aktifitas di lautan seperti transportasi laut dan kegiatan nelayan. Informasi cuaca yang diberikan oleh BMKG merupakan metode statistik secara matematis, terdapat beberapa kelemahan salah satunya adalah prosentase ketidakakuratan ramalan dengan keluaran sebuah program yang didasarkan pada data rata – rata untuk beberapa posisi di Indonesia (Sampurna, 2011). Prediksi cuaca maritim dengan pemilihan metode yang tepat adalah kegiatan yang akhir-akhir ini sering dilakukan oleh beberapa peneliti.

Penelitian mengenai prediksi cuaca maritim sebelumnya telah dilakukan oleh Jabar Al Hakim dengan menggunakan metode logika fuzzy yang menghasilkan tingkat akurasi 74.82% pada satu koordinat jalur perairan (Hakim, 2011). Penelitian dari Riky Jaya Sampurna tentang prediksi cuaca maritim dengan metode ANFIS dengan koordinat pengambilan data adalah 3.540425°S - 113.90880°E (perairan Banjarmasin), 4,648136°S - 113,908806°E (laut Jawa) dan 6.874824°S – 112.747800°E

(perairan Surabaya) menghasilkan nilai RMSE validasi rata-rata sebesar 1.760 (Sampurna, 2011). Berdasarkan dari penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat kekurangan dalam sistem yaitu tingkat akurasi dan tidak adanya informasi penyebaran data cuaca disekitar wilayah yang dijadikan koordinat pengambilan data.

Peneliti ingin membuat sistem prediktor cuaca dengan menggunakan metode thiessen polygon yang diintegrasikan dengan jaringan saraf tiruan sebagai informasi peramalan tinggi gelombang untuk pengguna transportasi laut. Metode thiessen polygon merupakan cara interpolasi atau fungsi matematika yang menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Interpolasi mengasumsikan bahwa atribut data bersifat kontinu di dalam ruang saling berhubungan secara spasial (Utari, 2012). Penelitian peramalan cuaca laut menggunakan metode kepakaran jaringan saraf tiruan telah banyak dilakukan. Jaringan saraf tiruan sebagai metode peramalan membutuhkan waktu komputasional yang tidak terlalu lama dan metode komputasi yang cocok peramalan tinggi gelombang (Rizianiza, 2015). Selain itu, peramalan dengan metode jaringan saraf tiruan lebih akurat. Penelitian dengan metode jaringan saraf tiruan dan thiessen polygon ini maka dapat menghasilkan akurasi yang baik dan menambah prediksi informasi penyebaran cuaca di sekitar wilayah yang dijadikan koordinat penelitian.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah.

1. Bagaimana mengintegrasikan metode thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan untuk memprediksi tinggi gelombang laut?
2. Bagaimana arsitektur dari perancangan sistem prediktor temporal untuk dapat digunakan sebagai prediktor tinggi gelombang laut?
3. Berapa hasil ketepatan peramalan dari sistem integrasi thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah.

1. Titik koordinat objek pengambilan data yaitu (i) perairan Surabaya $6.874824^{\circ}\text{S}-112.747800^{\circ}\text{E}$, (ii) Koordinat perairan Kalianget $7.144933^{\circ}\text{S}-114.106900^{\circ}\text{E}$ dan (iii) perairan Banjarmasin $3.540425^{\circ}\text{S}-114.484300^{\circ}\text{E}$.
2. Data angin yang diperoleh dari BMKG Perak II Surabaya periode 2012 sampai 2016.
3. Metode yang digunakan untuk menghitung tinggi gelombang signifikan dari variabel data angin menggunakan SMB.
4. Metode yang digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang di wilayah yang tidak memiliki ketersediaan data adalah Thiessen polygon.
5. Metode yang digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang secara temporal adalah jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation*.
6. Program jaringan saraf tiruan untuk prediksi tinggi gelombang dibuat dengan bantuan program MATLAB 7.8.0.

1.4 Tujuan

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan permasalahan maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Dapat mengintegrasikan metode Thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan untuk memprediksi tinggi gelombang laut.
2. Mengetahui arsitektur terbaik yang digunakan untuk sistem prediktor temporal untuk dapat digunakan sebagai prediktor tinggi gelombang laut.
3. Dapat memperoleh hasil ketepatan peramalan yang baik dari sistem integrasi Thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis yang terdiri dari lima bab dengan penjelasan sebagai berikut

BAB I Pendahuluan

Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dari penelitian dan sistematika laporan.

BAB II Teori Penunjang

Bab ini berisi mengenai dasar teori seperti penjelasan variabel dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi flowchart yang menjelaskan langkah-langkah penelitian. Selain itu terdapat algoritma dari metode SMB, Thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan.

BAB IV Analisa Data

Bab ini merupakan analisa data dan pembahasan mengenai penelitian yang telah dilakukan.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil dan pembahasan yang telah dianalisa dan saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Cuaca dan Iklim

Cuaca merupakan peristiwa fisik yang berlangsung di atmosfer pada suatu saat dan tempat tertentu. Cuaca terbentuk dari gabungan unsur-unsur cuaca dan jangka waktu dari beberapa jam. Unsur-unsur cuaca diamati beberapa kali sebagai data cuaca harian, sedangkan hasil pengamatan dalam setahun sebagai data harian dari setahun. Data pengamatan yang dikumpulkan selama beberapa tahun menjadi data historis jangka panjang tentang perilaku atmosfer yang disebut iklim. Iklim merupakan penyebaran cuaca yang diamati untuk waktu yang cukup lama atau daerah yang cukup luas. Sifat data cuaca dan iklim adalah data diskontinyu yang terdiri dari suhu, kelembaban, tekanan udara dan angin. Cuaca berubah dari waktu ke waktu, perubahan cuaca disebabkan adanya rotasi dan revolusi bumi. Rotasi bumi akan menimbulkan siang dan malam hari, sedangkan revolusi bumi akan menimbulkan musim. Iklim akan berbeda dari suatu daerah dengan daerah lainnya (Sarjani, 2010). Perubahan dan perbedaan cuaca atau iklim disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

- a. Altitude atau ketinggian tempat
- b. Latitude
- c. Penyebaran daratan dan perairan
- d. Daerah-daerah tekanan tinggi dan rendah
- e. Arus-arus laut
- f. Gangguan-gangguan atmosfer

Hasil pengamatan data merupakan informasi penting pada berbagai bidang diantaranya seperti maritim, hidrologi, penerbangan dan bidang lainnya. Manfaat informasi cuaca dan iklim sangat penting untuk bidang maritim, karena faktor cuaca yang sangat mempengaruhi keselamatan pelayaran adalah tinggi gelombang.

Ilmu yang mempelajari tentang iklim disebut Klimatologi, sedangkan ilmu yang mempelajari tentang keadaan cuaca disebut Meteorologi (DAS, 2009). Kondisi cuaca pada waktu dan daerah

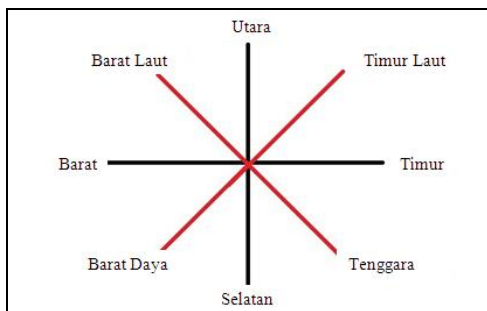
tertentu diramalkan oleh stasiun cuaca. Indonesia memiliki sebuah badan lembaga yang bertugas untuk meramalkan keadaan cuaca dan iklim pada suatu daerah dan waktu tertentu yang diumumkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Kondisi cuaca tersebut dan dilihat pada website yang dimiliki oleh BMKG tersebut.

2.2 Unsur Cuaca dan Iklim

Cuaca dapat berubah sewaktu-waktu disebabkan sifat cuaca yang tidak kondusif, sebagai contoh apabila di pagi hari cuaca menunjukkan cerah tanpa berawan namun perubahan cuaca berawan ditunjukkan pada sore hari. Hal tersebut disebabkan oleh unsur-unsur yang mempengaruhi cuaca. Unsur-unsur cuaca yang mempengaruhi tersebut, yaitu :

2.2.1 Angin

Perbedaan tekanan udara akan mengakibatkan terjadinya pergerakan udara yang arahnya secara vertikal atau horizontal. Pergerakan udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah, disebut angin (Pitartyanti, 2014). Angin mempunyai asal usul yang kompleks atau rumit. Sumber energi ini digunakan membentuk dan mempertahankan kecepatan angin terhadap rintangan yang timbul akibat adanya gesekan dengan permukaan (DAS, 2009). Angin merupakan besaran vektor yang memiliki arah dan nilai.



Gambar 2.1 Arah mata angin

Gambar 2.1 menunjukkan arah delapan mata angin. Satuan yang digunakan untuk menyatakan arah angin adalah derajat, sedangkan satuan untuk menyatakan kecepatan dari angin adalah kilometer per jam atau knot (DAS, 2009). Arah angin dinyatakan dalam derajat seperti yang dilihatkan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Besar sudut dan arah angin (Sarjani, 2010)

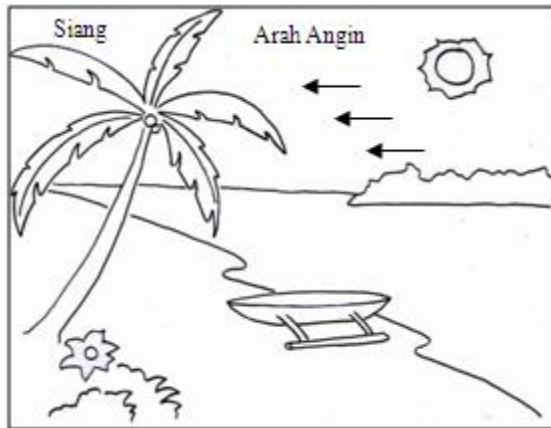
No	Besar Sudut	Arah yang ditunjukkan
1	360 ⁰	Utara (U)
2	22,5 ⁰	Utara Timur Laut (UTL)
3	45 ⁰	Timur Laut (TL)
4	67,5 ⁰	Timur Laut Timur (TLT)
5	90 ⁰	Timur (T)
6	112,5 ⁰	Timur Tenggara (TTg)
7	135 ⁰	Tenggara (Tg)
8	157,5 ⁰	Selatan Tenggara (STg)
9	180 ⁰	Selatan (S)
10	202,5 ⁰	Selatan Barat Daya (SBD)
11	225 ⁰	Barat Daya (BD)
12	247,5 ⁰	Barat Barat Daya (BBD)
13	270 ⁰	Barat (B)
14	292,5 ⁰	Barat Barat Laut (BBL)
15	315 ⁰	Barat Laut (BL)
16	337,5 ⁰	Utara Barat Laut (UBT)
17	0 ⁰	Angin Tenang (<i>Calm</i>)

Angin yang terdapat di Indonesia mempengaruhi keadaan cuaca baik di daratan ataupun di perairan. Angin-angin tersebut dikelompokkan mejadi beberapa jenis, yaitu :

a. Angin Laut

Angin laut adalah angin yang bertiup dari arah laut menuju ke arah darat. Angin laut disebabkan oleh kapasitas panas yang terjadi di perairan lebih besar daripada daratan, yang berarti sinar

matahari lebih cepat memanasi lautan daripada wilayah daratan (Sampurna, 2011). Hal tersebut menyebabkan tekanan udara di daratan menjadi lebih rendah dibandingkan tekanan udara di lautan.

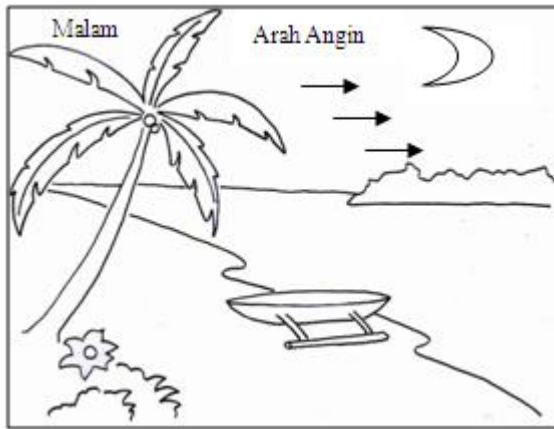


Gambar 2.2 Angin Laut

Gambar 2.2 adalah pergerakan arah angin laut yang bertiup menuju arah darat. Angin laut terjadi pada saat siang hari yaitu dari pukul 09.00 sampai pukul 16.00 untuk daerah pesisir pantai. Angin laut sangat bermanfaat bagi para nelayan untuk bisa pulang ke pantai.

b. Angin Darat

Angin darat adalah angin yang bertiup dari darat ke arah lautan. Manfaat dari angin darat digunakan oleh para nelayan dengan perahu bertenaga angin untuk berangkat mencari ikan ke lautan. Angin darat terjadi dikarenakan pada malam hari daratan menjadi dingin lebih cepat dibandingkan di laut, sehingga perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan yang berlawanan karena tekanan udara di atas lautan yang lebih panas menjadi lebih rendah daripada daratan.



Gambar 2.3 Angin Darat

Gambar 2.3 adalah pergerakan arah angin darat yang bertiup menuju arah laut. Angin darat terjadi pada saat malam hari dari pukul 20.00 sampai dengan 06.00 di daerah pesisir pantai.

c. Angin Lembah

Angin lembah adalah angin yang bertiup dari arah lembah menuju arah puncak gunung yang terjadi pada siang hari. Angin lembah terjadi disebabkan oleh udara yang terkumpul pada dasar lembah lebih panas dibandingkan udara yang berada di puncak gunung.

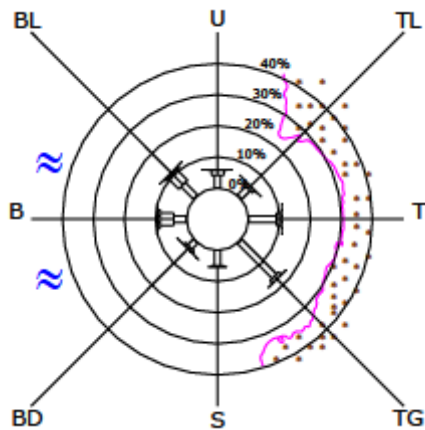
d. Angin Gunung

Angin gunung adalah angin yang bertiup dari puncak gunung ke lembah gunung yang terjadi pada malam hari. Proses terjadinya angin gunung berkebalikan dengan angin lembah.

e. Angin Fohn

Angin Fohn adalah angin yang bertiup pada suatu wilayah dengan temperatur dan kelembapan yang berbeda. Angin Fohn atau yang juga memiliki nama lain yaitu angin terjun atau angin jatuh ini terjadi karena ada gerakan massa udara yang naik pegunungan yang tingginya lebih dari 200 meter di satu sisi lalu turun di sisi lain. Angin Fohn yang jatuh dari puncak gunung bersifat panas dan kering, karena uap air sudah dibuang pada saat

hujan Orografis. Angin fohn bersifat berbahaya karena merusak dan dapat menimbulkan korban. Manusia yang terkena angin fohn maka daya tahan tubuhnya akan menurun dan jika tanaman terkena angin tersebut maka tanaman akan menjadi layu dan mati. Angin memiliki arah yang dinyatakan dengan satuan derajat (DAS, 2009). Perubahan arah dan kecepatan angin pada waktu tertentu di suatu lokasi dapat ditentukan dengan menggunakan windrose. *Windrose* atau dikenal sebagai diagram mawar angin digunakan sebagai pengolahan dan penyajian data angin yang dapat menunjukkan arah angin dominan di suatu lokasi. Diagram angin menunjukkan persentasi kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu pencatatan. Gambar mawar angin terdapat garis-garis radial arah angin dan tiap lingkaran yang menunjukkan persentasi kejadian angin dalam periode waktu pengukuran.

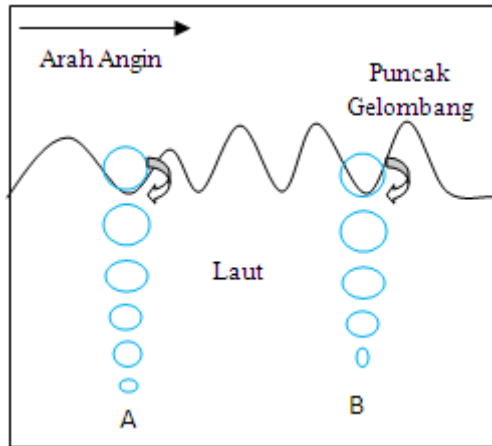


Gambar 2.4 Mawar Angin (Varma, 2013)

Gambar 2.4 adalah contoh diagram mawar angin yang menginformasikan kecepatan dan arah angin. Tiap-tiap persentase menyatakan banyak jumlah data dari kecepatan angin. Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, semakin besar kekuatan angin maka kecepatan angin tersebut semakin tinggi (Sampurna, 2011).

2.2.2 Gelombang Laut

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan. Air laut yang membentuk suatu kurva sinusoidal. Bentuk gelombang disebabkan oleh angin di atas lautan mentransfer energi ke perairan dan menyebabkan riak-riak, alun atau bukit.



Gambar 2.5 Bentuk Gerakan Gelombang Laut

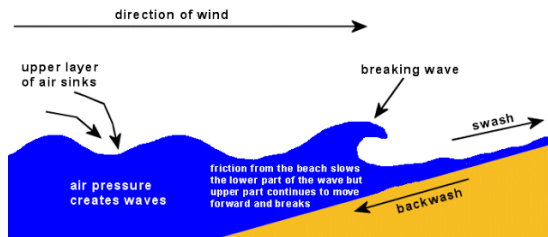
Gambar 2.5 merupakan bentuk dari gelombang laut yang menunjukkan gerakan partikel-partikel air. Gelombang bergerak makin maju ke depan, partikel-partikel di dalam gelombang akan meninggalkan jejak yang membentuk lingkaran. Jejak lingkaran yang dibuat oleh partikel-partikel akan menjadi lebih kecil sesuai dengan makin besarnya kedalaman di bawah permukaan gelombang. Faktor-faktor yang menjadi gaya pembangkit dari gelombang diantaranya :

- Gelombang angin merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh kecepatan angin di permukaan laut. Panjang gelombang laut yang terbentuk sampai kira-kira 130 meter dan periode 0,2 – 0,9 detik.
- Gelombang pasang surut merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit. Panjang

gelombang laut yang terbentuk sampai beberapa kilometer dengan periode 5 jam, 12 jam, dan 25 jam oleh fluktuasi gaya gravitasi Matahari dan Bulan.

- c. Gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau vulkanik
- d. Gelombang yang diakibatkan oleh gerakan lempeng yang berasal dari dalam bumi atau tektonik
- e. Gelombang yang disebabkan oleh kapal bergerak

Gelombang yang bergerak dari laut dalam menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut.



Gambar 2.6 Gelombang Laut Mencapai Pantai (Putri, 2015)

Gambar 2.6 menunjukkan gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Hal tersebut diakibatkan oleh gesekan antara air dan dasar pantai

Indonesia merupakan negara maritim dengan kegiatan pelayaran yang sangat padat. Faktor yang paling mempengaruhi efisiensi dan keselamatan di laut adalah ketinggian gelombang, karena setiap kapal memiliki spesifikasi tinggi gelombang maksimal. Ketinggian gelombang adalah faktor yang paling besar mempengaruhi kelayakan pelayaran. Kriteria tinggi gelombang yang mempengaruhi pelayaran adalah sebagai berikut:

1. 1.25 – 2.0 m : berbahaya bagi perahu nelayan
2. 2.0 – 3.0 m : berbahaya bagi perahu nelayan dan tongkang
3. 3.0 – 4.0 m : berbahaya bagi perahu nelayan, tongkang dan ferry

4. > 4.0 : berbahaya bagi semua kapal

Berdasarkan skala Beaufort dapat dijadikan acuan sebagai perkiraan ketinggian gelombang yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Skala Beaufort Acuan Perkiraan Ketinggian Gelombang (Fossen, 2011)

Skala Beaufort [1]	Kecepatan angin (m/s) [2]	Kemungkinan Ketinggian Gelombang [3]	Keterangan [4]
0 Bft	0,0-0,5	Datar (0 ft; 0m)	Laut tenang seperti cermin.
1 Bft	0,6-1,7	5 – 10 cm (2 – 4 in) (0 ft; 0m)	Muncul riak air berbentur sisik tanpa buih.
2 Bft	1,8-3,3	10 – 15 cm (4 – 6 in); (0 – 1ft; 0 - 0,3 m)	Muncul gelombang kecil yang pendek namun lebih terlihat puncak gelombang lebih tampak dan tidak pecah.
3 Bft	3,4-5,2	60 cm (2 ft); (1-2 ft; 0.3-0.6 m)	Gelombang besar, puncak gelombang mulai pecah, muncul buih yang tampak seperti kuda putih.
4 Bft	5,3-7,4	1 m (3.5 ft); (2-4 ft; 0.6-1.2 m)	Muncul ombak-ombak kecil dalam frekuensi yang lama, dan tampak seperti kuda putih.
5 Bft	7,5-9,8	2 m (6-7 ft); (4-8 ft; 1.2-2.4 m)	Bentuk gelombang panjang tampak lebih jelas, banyak terbentuk kuda putih, beberapa menyemburkan air.
6 Bft	9,9-12,4	3 m (9-10 ft); (8-13 ft; 2.4-4 m)	Gelombang besar mulai terbentuk, puncak gelombang yang berbuih skalanya lebih luas, dan menyemburkan air kemana-mana.
7 Bft	12,5-15,2	4 m (13-14 ft); (13-20 ft; 4-6 m)	Air laut, buih dari ombak yang pecah mulai ditiup oleh angin dengan sesuai dengan arah angin tersebut.
8 Bft	15,3-18,2	5.5 m (18 ft); (13-20 ft; 4-6 m)	Gelombang tinggi yang cukup panjang. Buih dimana-mana yang ditiup di lapisan yang ditandai dengan arah angin.
9 Bft	18,3-21,5	7 m (23 ft); (13-20 ft; 4-6 m)	Gelombang tinggi, busa padat yang terbentuk sepanjang arah angin, puncak-puncak gelombang mulai

Skala Beaufort [1]	Kecepatan angin (m/s) [2]	Kemungkinan Ketinggian Gelombang [3]	Keterangan [4]
			jatuh dan berguling, semprotan air laut dapat mempengaruhi visibilitas
10 Bft	21,6-25,1	9 m (29 ft); (20-30 ft; 6-9 m)	Gelombang sangat tinggi dengan puncak panjang, permukaan laut menjadi berwarna putih, air laut yang jatuh ke laut menjadi berat, berdampak pada visibilitas
11 Bft	25,2-29,0	11 m (37 ft); (30-45 ft; 9-14 m)	Ombak yang muncul sangat tinggi
12 Bft	≥ 29	11 m and more (> 37 ft); (>45 ft; >14 m)	Udara dipenuhi dengan buih dan air, laut memutih, visibilitas sangat terpengaruh

Tinggi gelombang rata-rata dari 33 % gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang yang ada disebut gelombang signifikan. Ketinggian dan perioda tinggi gelombang signifikan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_s = H_{33\%} = \frac{\sum H_i x f_i}{\sum f_i} \quad (2.1)$$

$$T_s = T_{33\%} = \frac{\sum T_i x f_i}{\sum f_i} \quad (2.2)$$

2.3 Jaringan Saraf Tiruan

2.3.1 Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan adalah pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. Karakteristik utama yang dimiliki oleh jaringan saraf tiruan adalah kemampuan untuk belajar. Pembelajaran pada jaringan saraf tiruan merupakan proses penyesuaian parameter pembobot karena keluaran yang diinginkan tergantung pada harga bobot dan parameter interkoneksi yang dimiliki oleh sel. Proses belajar akan dihentikan jika nilai kesalahan bernilai kecil. Cara kerja jaringan saraf tiruan seperti cara kerja manusia, yaitu belajar melalui contoh. Hal yang ingin dicapai dengan melatih jaringan saraf tiruan untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan memorisasi dan generalisasi. Memorisasi adalah kemampuan

jaringan saraf tiruan untuk mengambil kembali secara sempurna sebuah pola yang telah dipelajari. Kemampuan generalisasi adalah kemampuan jaringan saraf tiruan untuk menghasilkan respon yang bisa diterima terhadap pola-pola yang sebelumnya telah dipelajari. Jaringan syaraf tiruan dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi dengan asumsi bahwa (Siang, 2005)

- a. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana di neuron.
- b. Sinyal dikirimkan diantara neuron melalui penghubung.
- c. Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat dan memperlemah sinyal.
- d. Untuk menentukan keluaran, setiap neuron menggunakan aktifasi yang dikenakan pada jumlahan masukan yang diterima. Besarnya keluaran ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Jaringan Saraf Tiruan ditentukan oleh tiga hal, yaitu (Devi, 2012):

- a. Pola hubungan antar-*neuron*.
- b. Metode untuk menentukan bobot penghubung menggunakan algoritma.
- c. Fungsi aktivasi.

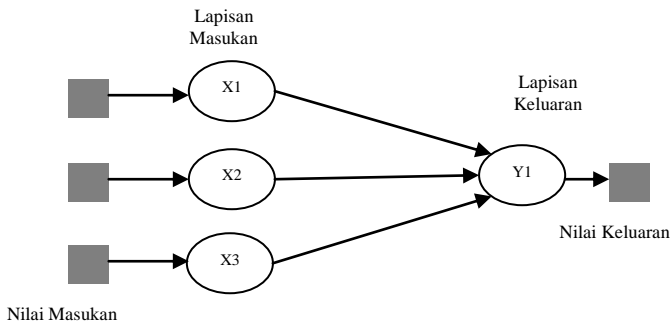
Jaringan saraf dapat diaplikasikan untuk masalah yang sangat luas, sebagai contoh untuk penyimpanan dan pemanggilan kembali data atau pola, mengklasifikasi pola, menampilkan pemetaan secara umum dari pola masukan menjadi pola keluaran, mengelompokkan pola yang sama, atau menemukan solusi untuk mengoptimisasikan masalah. Kemampuan yang dimiliki jaringan saraf tiruan dapat digunakan untuk belajar dan menghasilkan aturan dari masukan yang dimasukkan dan membuat prediksi tentang keluaran. Keuntungan dari jaringan saraf tiruan adalah kemampuannya yang terinspirasi oleh otak manusia yang menyediakan metodologi yang sangat handal dalam pemecahan masalah non linier (Andrian, 2014).

2.3.2 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Lapisan-lapisan penyusun jaringan saraf tiruan dibagi menjadi 3, yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam jaringan syaraf tiruan antara lain (Siang, 2005):

a. Jaringan layar tunggal

Jaringan layar tunggal merupakan sekumpulan masukan neuron yang dihubungkan langsung dengan sekumpulan keluarannya.



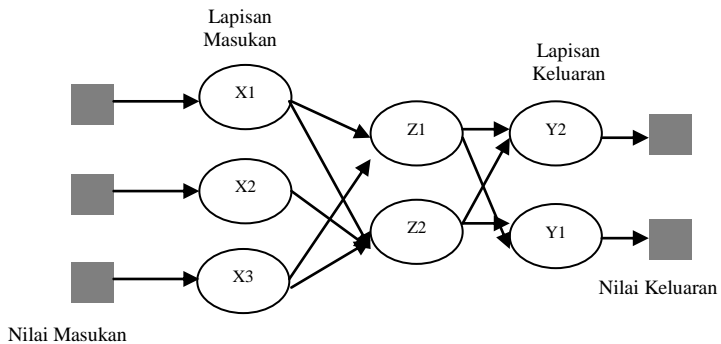
Gambar 2.7 Jaringan Layar Tunggal

Gambar 2.7 merupakan arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan arsitektur tunggal yang menunjukkan arsitektur jaringan dengan n unit masukan (x_1, x_2, \dots, x_n) dan m buah unit keluaran (Y_1, Y_2, \dots, Y_m). Arsitektur dari jaringan syaraf tunggal ini memiliki dua lapisan, yaitu lapisan masukan dan lapisan keluaran. Sekumpulan masukan neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan keluarannya. Keluaran dari jaringan ini dapat dihitung sebagai keluaran suatu neuron yang ditentukan oleh fungsi aktivasi yang digunakan (Siang, 2005). Contoh algoritma jaringan syaraf tiruan yang menggunakan jaringan layar tunggal yaitu : ADALINE, Hopfield, Perceptron (Maria, 2012).

b. Jaringan layar jamak

Jaringan syaraf tiruan layar jamak memiliki satu lapisan lagi yang terletak di antara lapisan masukan dan lapisan keluaran.

Lapisan ini disebut lapisan tersembunyi. Jaringan layar jamak merupakan perluasan dari layar tunggal. Arsitektur jaringan layar jamak terdapat pada gambar 2.8 di bawah ini.

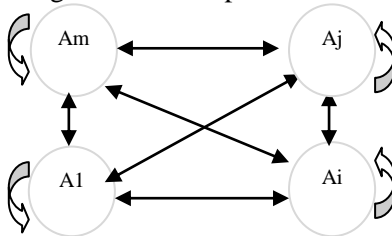


Gambar 2.8 Jaringan Layar Jamak

Gambar 2.8 adalah jaringan dengan n buah unit masukan (x_1, x_2, \dots, x_n), sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari p buah unit (z_1, \dots, z_p) dan m buah unit keluaran (Y_1, Y_2, \dots, Y_m). Jaringan layar jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks dibandingkan dengan layar tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama (Hagaen, 2011). Algoritma sistem jaringan saraf tiruan yang menggunakan jaringan layar jamak yaitu *MADALINE*, *backpropagation*, *neocognitron*.

c. Jaringan dengan lapisan kompetitif

Jaringan dengan lapisan kompetitif merupakan sekumpulan neuron yang bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif.



Gambar 2.9 Jaringan dengan Lapisan Kompetitif

Gambar 2.9 menunjukkan jaringan dengan sekumpulan neuron bersaing untuk mendapatkan hal mejadi aktif. Contoh algoritma yang menggunakan jaringan dengan lapisan kompetitif yaitu LVQ.

2.3.3 Komponen pada Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan menyelesaikan masalah melalui proses belajar dari contoh-contoh pelatihan yang diberikan. Karakteristik dari jaringan saraf tiruan menyerupai jaringan saraf manusia (Purnamasari, 2013). Beberapa istilah yang menjadi parameter penting jaringan saraf tiruan :

a. *Neuron* atau *node*.

Neuron merupakan sel saraf tiruan yang merupakan elemen pengolah dari jaringan saraf tiruan. Neuron menerima data masukan, memproses masukan dan kemudian mengirimkan hasilnya berupa sebuah keluaran.

b. Jaringan

Jaringan merupakan kumpulan neuron yang saling berhubungan dan membentuk lapisan. Jaringan bentuk dari arsitektur jaringan saraf tiruan.

c. Lapisan Masukan

Lapisan masukan berisi *node-node* yang masing-masing menyimpan sebuah nilai masukan yang tidak berubah pada fase latih dan hanya bisa berubah jika diberikan nilai masukan baru. *Node* pada lapisan ini tergantung pada banyaknya masukan dari suatu pola.

d. Lapisan tersembunyi

Lapisan ini tidak pernah muncul sehingga dinamakan lapisan tersembunyi. Fase pelatihan dan pengenalan dijalankan pada lapisan tersembunyi. Jumlah lapisan ini tergantung dari arsitektur yang akan dirancang, tetapi pada umumnya terdiri dari satu lapisan tersembunyi. Lapisan tersembunyi sangat penting pada arsitektur jaringan saraf tiruan karena *neuron* yang sangat sedikit akan membuat jaringan kekurangan sumber daya pada saat penyelesaian masalah. Penggunaan neuron terlalu banyak akan

membuat waktu pelatihan menjadi sangat lama dan akan mengakibatkan masalah yang disebut *overfitting*.

e. Lapisan Keluaran

Lapisan keluaran berfungsi untuk menampilkan hasil perhitungan sistem oleh fungsi aktivasi pada lapisan lapisan tersembunyi berdasarkan masukan yang diterima.

f. Faktor bobot

Bobot merupakan suatu nilai yang mendefinisikan tingkat atau kepentingan hubungan antara suatu node dengan node yang lain. Bobot-bobot tersebut bisa ditentukan untuk berada didalam interval tertentu. Bobot dapat disesuaikan dengan pola-pola selama proses pelatihan. Semakin besar bobot suatu hubungan menandakan semakin pentingnya hubungan kedua node tersebut. Pemilihan bobot dan bias akan mempengaruhi apakah jaringan mencapai *error* minimum.

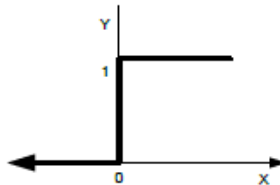
g. Fungsi aktivasi

Fungsi aktivasi pada jaringan syaraf tiruan dipakai untuk menentukan keluaran suatu neuron. Argumen fungsi aktivasi adalah net masukan kombinasi linier masukan dan bobotnya. Beberapa fungsi aktivasi yang sering dipakai adalah sebagai berikut (Siang, 2005):

1. Fungsi *threshold*

Fungsi Threshold merupakan fungsi *threshold* biner. Fungsi threshold yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tapi berharga -1 atau 1 (sering disebut threshold bipolar. Adapun persamaan untuk fungsi aktivasi ini adalah :

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.3)$$



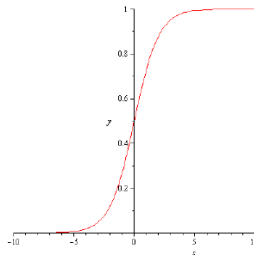
Gambar 2.10 Fungsi Threshold (Siang, 2005)

2. Fungsi sigmoid

Fungsi sigmoid sering dipakai karena nilai fungsinya yang terletak antara 0 dan 1 dan dapat diturunkan dengan mudah. Fungsi ini sering digunakan karena nilai fungsinya yang sangat mudah untuk di diferensiakan. Adapun persamaan untuk fungsi aktivasi ini adalah :

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.4)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad (2.5)$$

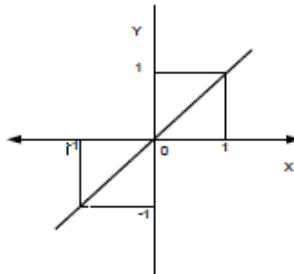


Gambar 2.11 Fungsi Sigmoid (Siang, 2005)

3. Fungsi identitas

Fungsi identitas sering dipakai apabila menginginkan keluaran jaringan berupa sembarang bilangan riil (bukan hanya pada range $[0,1]$). Adapun persamaan untuk fungsi aktivasi ini adalah :

$$f(x) = x \quad (2.6)$$



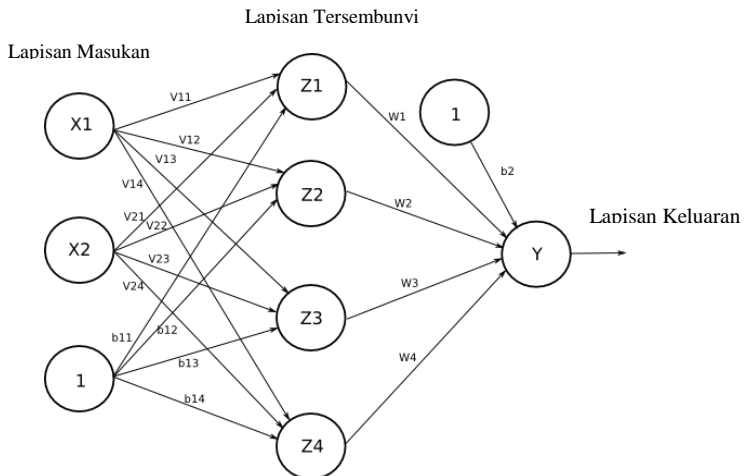
Gambar 2.12 Fungsi Identitas (Siang, 2005)

2.4 Algoritma *Backpropagation*

2.4.1 Arsitektur *Backpropagation*

Backpropagation merupakan salah satu algoritma jaringan saraf tiruan dengan proses pembelajaran maju dan koreksi kesalahan atau error secara mundur. Model jaringan backpropagation adalah model pembelajaran *supervised learning* yang paling banyak digunakan dan mempunyai banyak lapisan jaringan. Kemampuan jaringan backpropagation sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola kompleks dan menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik untuk proses pengenalan, prediksi dan peramalan.

Arsitektur dari *Backpropagation* yaitu setiap unit dari lapisan masukan pada jaringan backpropagation selalu terhubung dengan setiap unit yang berada pada lapisan tersembunyi, demikian juga setiap unit lapisan tersembunyi selalu terhubung dengan unit pada lapisan keluaran. Jaringan Saraf tiruan dengan layar tunggal memiliki keterbatasan dalam pengenalan pola. Kelemahan tersebut bisa ditanggulangi dengan menambahkan satu atau beberapa layar tersembunyi diantara layar masukan dan keluaran



Gambar 2.13 Arsitektur *Backpropagation*

Gambar 2.13 merupakan arsitektur jaringan *backpropagation* yang terdiri dari banyak lapisan yaitu (Siang, 2005):

1. Lapisan masukan yang terdiri dari 1 hingga n unit masukan.
2. Lapisan tersembunyi yang terdiri dari 1 hingga p unit tersembunyi.
3. Lapisan keluaran yang terdiri dari 1 hingga m unit keluaran.

2.4.2 Pelatihan Jaringan *Backpropagation*

Backpropagation mempunyai kemampuan melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan (Siang, 2005). Pelatihan metode *backpropagation* memiliki tiga tahapan yaitu, pola *training feedforward*, perhitungan error dan penyesuaian bobot. Fase *feed forward* yaitu pola masukan fase maju dimulai dari lapisan masukan hingga lapisan keluaran. fase *backpropagation*, tiap-tiap unit keluaran menerima target pola yang berhubungan dengan pola masukan untuk dihitung nilai kesalahan. Kesalahan tersebut akan dipropagasikan mundur sedangkan, fase modifikasi bobot bertujuan untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Ketiga fase diulang secara terus menerus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Langkah-langkah algoritma *backpropagation* dalam proses pembelajaran adalah sebagai berikut (Michael, 2010):

- a. *Forward propagation*
Menyalurkan masukan ke dalam jaringan dan tiap lapisan akan mengeluarkan keluaran. Keluaran dari satu lapisan akan menjadi masukan untuk lapisan berikutnya.
- b. *Back propagation*
Menghitung nilai sensitivitas untuk tiap lapisan. Dimana sensitivitas untuk lapisan m dihitung dari sensitivitas pada lapisan $m+1$ sehingga penghitungan sensitivitas ini berjalan mundur.
- c. *Weight Update*
Menyesuaikan nilai parameter terhadap bobot pola masukan.

2.5 Metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB)

Metode SMB dikemukakan oleh Sverdrup, Munk dan Bretschneider pada tahun 1958. Metode SMB digunakan sebagai salah satu metode yang dapat meramalkan tinggi dan periode gelombang signifikan. Teori mengenai dasar peramalan gelombang berdasarkan mekanisme transfer energi dari angin untuk gelombang dengan menggunakan angin normal dan tangensial. Bretschneider memodifikasi model Sverdrup dan Munk dengan formulasi hubungan gelombang menggunakan prediksi gelombang tambahan dan memasukkan lebih banyak data (Danistha, 2016). Formulasi dikembangkan berdasarkan dari data hasil pengamatan langsung tinggi gelombang terhadap kecepatan angin, fetch dan lama bertiupnya angin. Kecepatan angin dalam prediksi gelombang adalah berupa kecepatan angin terbesar dan perhitungan fetch efektif (Shahidi, 2009). Adapun prosedur peramalan gelombang tersebut adalah sebagai berikut (CERC, 1984)

1. Analisis perbandingan pada persamaan berikut ini

$$\frac{gtd}{Ua} = 68.8 \left(\frac{g^{Feff}}{Ua^2} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 7.15 \times 10^4 \quad (2.7)$$

2. Hasil analisa tidak memenuhi persamaan 2.7 maka gelombang yang terjadi merupakan hasil pembentukan gelombang sempurna. Pertumbuhan gelombang sempurna adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Perhitungan tinggi dan perioda gelombangnya menggunakan persamaan berikut:

$$Hs = \frac{0.2433 \times Ua^2}{g} \quad (2.8)$$

$$Tp = \frac{8.314 \times Ua}{g} \quad (2.9)$$

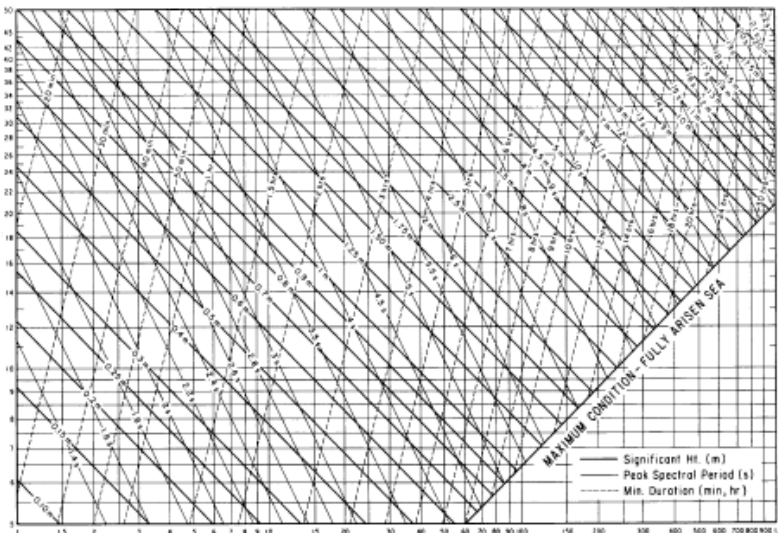
3. Hasil analisa perbandingan memenuhi persamaan 2.7, maka gelombang yang terjadi merupakan hasil pembentukan gelombang yang tidak sempurna. Pertumbuhan gelombang tidak sempurna dipengaruhi tidak hanya angin saja namun

panjang fetch. Gelombang pertumbuhan tidak sempurna dihitung dengan menggunakan variabel fetch efektif dan tegangan angin (U_a). Persamaan yang digunakan tinggi gelombang pertumbuhan tidak sempurna adalah sebagai berikut (CERC, 1984):

$$\frac{gH_s}{U_a^2} = 0.0016 \left(\frac{gF_{eff}}{U_a^2} \right)^{1/2} \quad (2.10)$$

$$\frac{gT_p}{U_a^2} = 0.2857 \left(\frac{gF_{eff}}{U_a^2} \right)^{1/3} \quad (2.11)$$

Tinggi gelombang signifikan dapat ditentukan dengan melihat grafik hubungan *fetch* dan data angin. Grafik tersebut terdapat pada gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2.14 Perhitungan Tinggi Gelombang Menggunakan Grafik SMB (CERC, 1984)

Perhitungan tinggi gelombang signifikan dan perioda dengan berdasarkan nilai fetch efektif dan faktor tegangan angin dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada gambar 2.14.

2.6 Analisa Penyesuaian Data Angin

Gelombang laut yang dapat diramalkan dengan metode perhitungan adalah gelombang di laut dalam suatu perairan yang dipengaruhi faktor angin sebagai pembangkit. Pengukuran gelombang dengan cara menganalisa data angin menggunakan data angin yang ada di laut, tetapi data angin yang ada adalah data angin hasil pengukuran di darat. Koreksi data angin perlu dilakukan antara data angin yang ada di darat dengan data angin yang ada laut. Koreksi tersebut sebagai berikut:

1. Elevasi

Elevasi merupakan perhitungan koreksi data angin apabila data angin yang digunakan tercatat atau diukur pada ketinggian lebih besar dari 10 meter, bahkan untuk ketinggian 20 meter datanya masih dianggap baik dan tidak perlu dikoreksi. Keperluan peramalan gelombang biasanya menggunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 meter dari permukaan laut. Ketinggian gelombang yang tidak diukur pada ketinggian 10 m maka perlu dikoreksi dengan persamaan (CERC, 1984):

$$U(10) = U_z(10/Z)^{1/7} \quad (2.12)$$

Keterangan :

$U(10)$: Kecepatan angin pada elevasi 10 m/s

U_z : Kecepatan angin pada ketinggian pengukuran m/s

Z : Ketinggian pengukuran m

2. Durasi Angin

Persamaan durasi kecepatan angin adalah sebagai berikut (CERC, 1984):

$$\frac{gtd}{Ua} = 68.8 \left(\frac{g^{Feff}}{Ua^2} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

t : durasi angin (s)

Ua : kecepatan tegangan angin m/s

F : fetch km

3. Koreksi Stabilitas

Koreksi stabilitas perlu dilakukan apabila keadaan data angin menunjukkan bahwa suhu udara dan suhu permukaan air berbeda. Selisih negatif menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih efektif untuk membangkitkan gelombang. Jika selisihnya sama dengan 0 terjadi stabilitas netral yang berarti kecepatan angin efektif untuk membangkitkan gelombang. Jika selisihnya positif maka hal ini perlu dilakukan koreksi stabilitas karena kecepatan angin kurang efektif dalam membangkitkan gelombang. Perairan Indonesia merupakan perairan daerah tropis dengan perbedaan suhu udara dan permukaan air cukup kecil atau mendekati nol. Persamaan koreksi stabilitas ini adalah sebagai berikut (CERC, 1984):

$$U = R_t U(10) \quad (2.14)$$

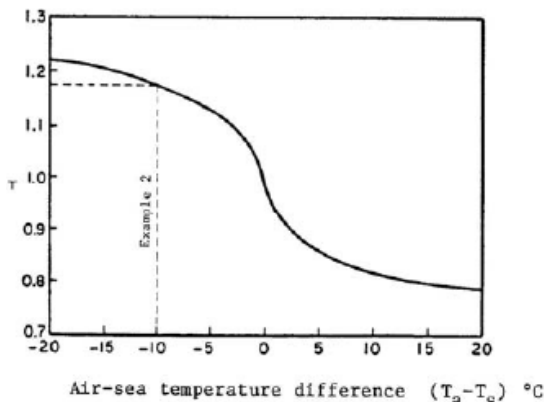
Keterangan :

U : kecepatan angin setelah dikoreksi (m/s)

$U(10)$: kecepatan angin sebelum dikoreksi (m/s)

R_t : koefisien stabilitas. Nilai R_t yang dianjurkan 1.10

Nilai faktor koreksi terhadap data perbedaan temperatur air didapatkan dengan melihat grafik R_t pada gambar 2.15 dibawah ini



Gambar 2.15 Grafik Faktor Koreksi Akibat Perbedaan Temperatur (CERC, 1984)

Data suhu udara dan air yang digunakan sebagai data untuk membaca grafik tidak tersedia, maka dianjurkan menggunakan nilai $RT = 1.10$ (CERC, 1984).

4. Koreksi efek lokasi

Koreksi akibat pengaruh letak pengukuran lokasi perlu dilakukan apabila data angin yang diperoleh berasal dari stasiun darat, bukan diukur langsung di atas permukaan laut atau tepi pantai. Perubahan data kecepatan angin yang bertiup di atas daratan menjadi kecepatan angin yang bertiup di atas air menggunakan persamaan sebagai berikut (CERC, 1984):

$$RL = U_w / U_L \quad (2.15)$$

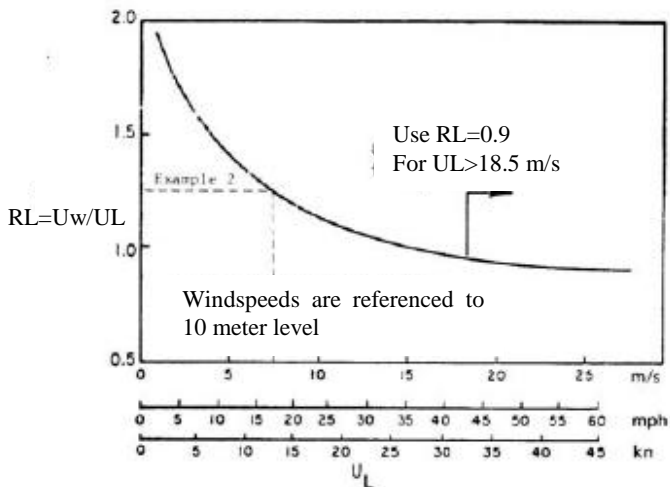
Keterangan :

RL : Faktor korelasi akibat perbedaan ketinggian

U_w : Kecepatan di atas permukaan laut m/s

U_L : Kecepatan angin di atas daratan m/s

Nilai RL di peroleh dengan melihat grafik pada gambar 2.16 berikut:



Gambar 2.16 Grafik Nilai Faktor Korelasi Perbedaan Ketinggian (CERC, 1984)

Analisa menggunakan koreksi lokasi dan faktor tegangan angin untuk angin dengan kecepatan lebih kecil dari 18 m/s maka faktor koreksi lokasi sangat berpengaruh. Umumnya, data angin yang kecil dengan rata-rata 10 m/s maka RL yang digunakan adalah 1,25.

4. Tegangan Angin

Konversi kecepatan angin menjadi koefisien drag ini mutlak diperlukan karena angin yang dihitung untuk peramalan dengan cara analitis dan grafis menggunakan faktor tegangan angin dan kecepatan angin yang telah dikoreksi. Hasil perhitungan kecepatan angin yang telah dikoreksi kemudian dikonversikan menjadi faktor tegangan angin (U_a) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (CERC, 1984):

$$U_A = 0,71 \times U^{1,23} \quad (2.16)$$

2.7 Fetch

Fetch efektif adalah area dalam radius perairan yang melingkupi titik lokasi dimana dalam area tersebut angin bertiup dengan konstan dari arah mata angin menuju titik daratan terdekat. Daerah yang diwakili satu arah utama adalah luas daerah yang membentang dengan besar interval tiap panjang fetch diukur 5 derajat samping kiri dan kanan arah utama. Bentuk fetch tidak teratur akibat bentuk garis pantai yang tidak teratur, maka untuk keperluan peramalan gelombang perlu ditentukan besarnya fetch efektif yang dihitung dengan rumus (Danistha, 2016) :

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^k Lf_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^k \cos \alpha_i} \quad (2.17)$$

Keterangan :

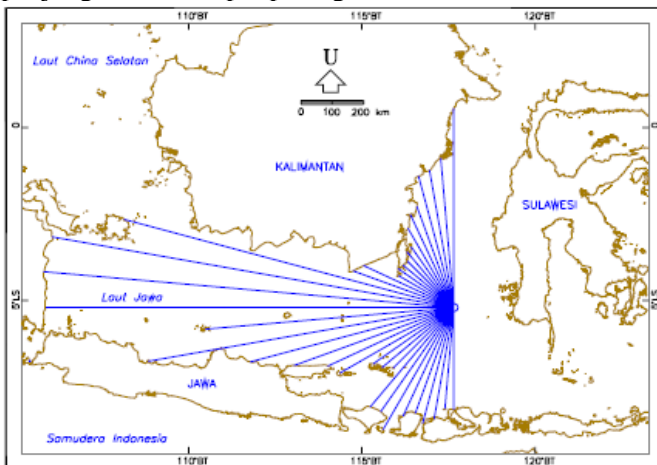
Lf_i : Panjang fetch ke- i

α_i : sudut pengukuran fetch ke- i

i : jumlah pengukuran fetch

Data yang dibutuhkan untuk menghitung panjang fetch efektif adalah data lokasi berupa sebuah peta dengan skala daerah perairan dengan skala yang cukup besar. Langkah-langkah perhitungan fetch efektif sebagai berikut :

1. Tentukan titik lokasi yang akan digunakan sebagai lokasi yang dijadikan titik pengukuran.
 2. Membuat garis-garis lurus yang ditarik dari titik lokasi sampai daratan terdekat tiap sudut 5 derajat dalam arah mata angin utama.
 3. Panjang garis lurus diukur berdasarkan skala peta yang digunakan, sehingga panjang garis lurus adalah panjang fetch sebenarnya.
 4. Daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin, maka panjang fetch diukur dari titik pengamatan dengan interval sudut (α) 5° pada sudut 45° ke samping kiri dan kanan dari arah mata angin
 5. Fetch efektif dihitung dengan menggunakan rumus 2.17.
- Contoh penggambaran garis-garis lurus untuk perhitungan panjang fetch terdapat pada gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2.17 Fetch Efektif (Frans, 2013)

Gambar 2.17 mengilustrasikan contoh penggambaran fetch untuk menentukan nilai panjang *fetch* efektif setiap arah mata angin di perairan.

2.8 Metode Thiessen Polygon

Metode Thiessen merupakan teknik peramalan data cuaca secara spasial untuk daerah yang tidak memiliki data cuaca. Metode Thiessen Polygon mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik koordinat pengamatan, kondisi topografi dan jumlah koordinat disekitar daerah penelitian (N, 2012). Metode ini memiliki ketelitian yang tinggi untuk menghitung data cuaca area setiap titik pada koordinat pengamatan. Data cuaca tercatat diproses berdasarkan areal yang mendapatkan pengaruh sehingga didapat data cuaca rata-rata dan kemudian meramalkan besarnya data cuaca pada periode tertentu. Metode thiessen polygon menganalisa data cuaca berdasarkan rata-rata terbobot dari masing-masing titik koordinat yang ditentukan luas daerah pengaruhnya berdasarkan poligon yang dibentuk. Setiap titik koordinat R_n akan terletak pada suatu poligon tertentu A_n . Perbandingan luas poligon untuk setiap titik koordinat yang besarnya A_n/A , dimana A adalah luas daerah penampungan atau jumlah luas seluruh areal yang dicari data cuacanya. Data cuaca rata-rata diperoleh dengan cara menjumlahkan pada masing-masing titik koordinat yang mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua titik koordinat (Utari, 2012). Cara tersebut memberikan bobot tertentu untuk setiap titik koordinat dengan pengertian bahwa setiap titik koordinat dianggap mewakili data cuaca dalam suatu daerah dengan luasan tertentu. Thiessen memberikan rumusan sebagai berikut (Utari, 2012):

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.18)$$

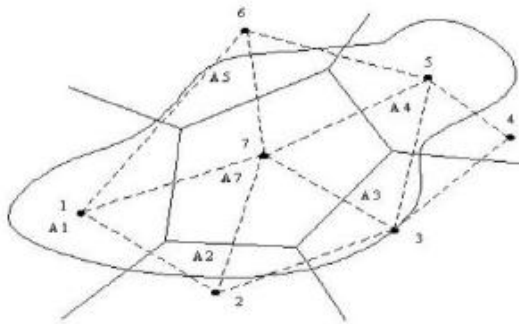
Keterangan :

R : Tinggi gelombang daerah penelitian

R_1, R_2, \dots, R_n : Tinggi gelombang dititik koordinat ke- i

A_1, A_2, \dots, A_n : Luas daerah Thiessen yang mewakili titik koordinat
 n : Jumlah titik koordinat

Metode thiessen poligon merupakan cara terbaik dan paling banyak digunakan walau masih memiliki kekurangan karena tidak memasukkan pengaruh topografi (Hasanudin, 2014). Metode thiesen poligon memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara rata-rata aljabar, akan tetapi kekurangan dari metode ini adalah penentuan titik koordinat pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil. Hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh mana penempatan titik koordinat pengamatan mampu mewakili daerah pengamatan.



Gambar 2.18 Cara polygon thiessen (Hasanudin, 2014)

Gambar 2.18 mengilustrasikan cara pembagian daerah penelitian menjadi beberapa poligon. Cara ini diperoleh dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua titik koordinat.

2.9 Validasi Ketepatan Peramalan

Peramalan merupakan suatu perkiraan besar atau jumlah sesuatu pada periode yang akan datang berdasarkan data pada periode lampau yang dianalisis secara ilmiah dengan berbagai metode. Ketepatan peramalan merupakan suatu hal yang penting untuk mengukur kesesuaian antara data sebenarnya dengan data

peramalan. Banyak metode perhitungan ketepatan peramalan diantaranya yang paling terkenal yaitu kesalahan persen mutlak rerata (*Mean Absolute Percentage Error-MAPE*).

Nilai MAPE diperoleh dengan menghitung ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan. Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10 % dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20%. Nilai MAPE yang melewati 20 % menunjukkan bahwa kemampuan peramalan kurang tepat. MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Margi, 2015):

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{X_t - F_t}{X_t} \quad (2.19)$$

Keterangan :

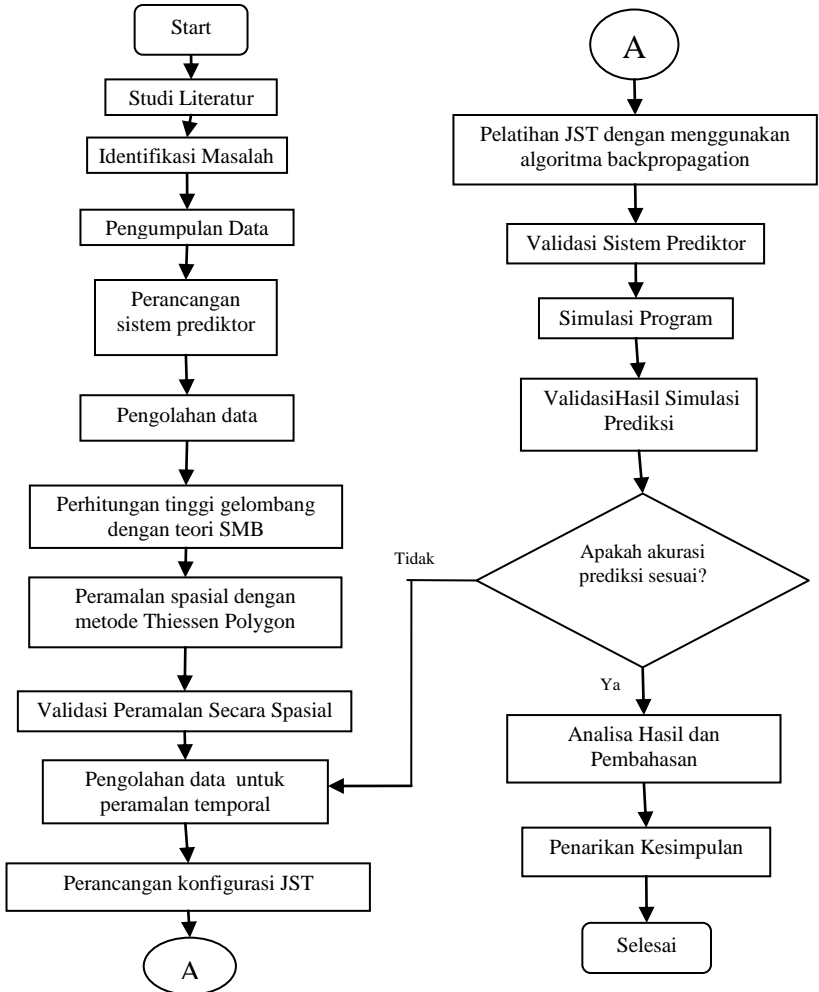
X_t : Data aktual

F_t : Data yang diramalkan

N : Jumlah d

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini ditunjukkan oleh gambar 3.1 di bawah ini.



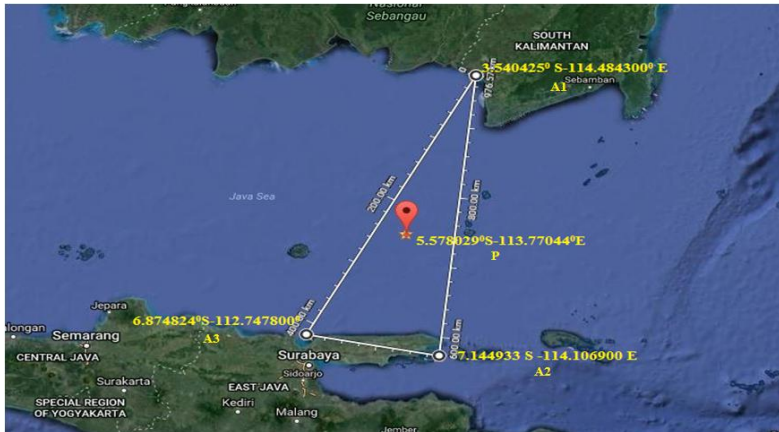
Gambar 3.1 Diagram Alur Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

3.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memahami memahami metode dan variabel yang akan digunakan untuk penyelesaian masalah pada penelitian ini. Dasar penelitian mengenai perancangan sistem prediktor cuaca ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu oleh Riky Jaya Sampurna mengenai perancangan sistem prediktor cuaca maritim menggunakan metode ANFIS dan Jabar Al Hakim membuat sistem perancangan sistem prediktor dengan menggunakan metode fuzzy. Pemahaman variabel-variabel dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur cuaca untuk kelayakan pelayaran. Pemahaman didapatkan dari jurnal dan artikel yang berkaitan dengan cuaca. Pemahaman mengenai metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan. Pemahaman metode tersebut diperoleh dari jurnal dan buku literatur yang berkaitan.

3.2 Pengambilan Data Cuaca Maritim

Pengambilan data angin yang digunakan sebagai variabel masukan dan keluaran yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya. Pengambilan data angin dilakukan untuk beberapa koordinat penelitian yaitu 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$, koordinat 7.144933°S - $114.10690^{\circ}\text{E}$ dan koordinat 3.540425°S - $114.48430^{\circ}\text{E}$. Ketiga koordinat tersebut ditentukan berdasarkan ketersediaan data. Data angin digunakan sebagai data yang diperlukan untuk perhitungan tinggi gelombang signifikan untuk setiap daerah yang diwakili oleh koordinat tersebut. Tinggi gelombang signifikan merupakan variabel yang digunakan untuk meramalkan ketinggian gelombang pada wilayah yang tidak mempunyai data ketinggian gelombang. Daerah perairan yang tidak memiliki data cuaca yang digunakan sebagai objek analisa adalah laut Jawa Timur khususnya koordinat $P\ 5.578029^{\circ}\text{S}$ - $113.77044^{\circ}\text{E}$. Peta masing-masing koordinat pengambilan data dan objek analisa terdapat pada gambar 3.2 dibawah ini.

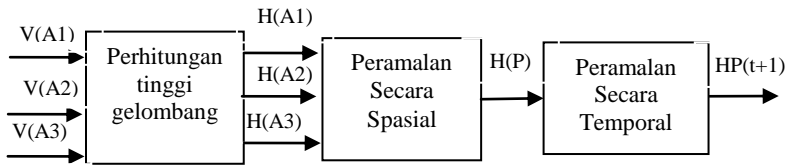


Gambar 3.2 Koordinat Pengambilan Data dan Objek Penelitian di laut Jawa Timur

Gambar 3.2 merupakan peta yang menunjukkan titik-titik koordinat yang digunakan sebagai koordinat pengambilan data. Koordinat A1 adalah koordinat $3.540425^{\circ}\text{S} - 114.48430^{\circ}\text{E}$, A2 adalah koordinat $7.144933^{\circ}\text{S} - 114.10690^{\circ}\text{E}$, A3 adalah koordinat $6.874824^{\circ}\text{S} - 112.747800^{\circ}\text{E}$ dan P adalah koordinat yang tidak memiliki data tinggi gelombang yaitu $5.578029^{\circ}\text{S} - 113.77044^{\circ}\text{E}$. Ketiga koordinat tersebut ditentukan berdasarkan ketersediaan data dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya.

3.3 Perancangan Sistem Prediktor

Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan ketinggian gelombang secara spasial dan temporal. Data yang digunakan sebagai masukan prediksi spasial yaitu data spasial. Data spasial merupakan data yang terdapat informasi mengenai lokasi dan hubungannya dengan data sejenis. Data yang digunakan sebagai masukan prediksi temporal adalah data yang berhubungan dengan waktu. Hal tersebut diilustrasikan dalam diagram blok gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram blok sistem prediktor spasial dan temporal

Gambar 3.3 merupakan diagram blok yang menggambarkan mekanisme integrasi peramalan secara spasial dan temporal. Data masukan yang digunakan untuk meramalkan tinggi gelombang pada koordinat $6.8740^{\circ}\text{S}-112.747^{\circ}\text{E}$, $7.144933^{\circ}\text{S}-114.10690^{\circ}\text{E}$, $3.5404250^{\circ}\text{S}-114.4843000^{\circ}\text{E}$ adalah kecepatan angin dan data keluaran yaitu tinggi gelombang signifikan masing-masing koordinat (A1,A2,A3). Tinggi gelombang signifikan (A1,A2,A3) digunakan sebagai masukan untuk diramalkan secara spasial. Data keluaran hasil peramalan spasial yaitu tinggi gelombang pada periode t di koordinat yang tidak memiliki data tinggi gelombang yaitu koordinat P $5.578029^{\circ}\text{S}-113.77044^{\circ}\text{E}$. Hasil peramalan spasial pada periode t tersebut diramalkan secara temporal untuk memprediksi tinggi gelombang periode satu tahun kedepan ($t+1$) di koordinat P $5.578029^{\circ}\text{S}-113.77044^{\circ}\text{E}$.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Pengelompokan Data Angin

Pengolahan data merupakan tahap koreksi terhadap data angin yang digunakan. Data angin dari ketiga koordinat pengambilan data memiliki *missing data*, yaitu data tidak lengkap yang diakibatkan oleh kesalahan sistem pengukuran. Hal tersebut perlu dilakukan penggantian data yang hilang dengan metode imputasi mean. Langkah imputasi *mean* dilakukan dengan menggunakan software SPSS 16. Koreksi data angin dilakukan dalam beberapa tahap yaitu :

- a. Pengelompokan kecepatan dan arah angin

Penggolongan data angin digunakan untuk menentukan persentase kecepatan dan arah angin dominan yang terjadi selama

periode tersebut. Langkah-langkah untuk menentukan kecepatan dan arah angin dominan adalah sebagai berikut:

1. Penggolongan berdasarkan besar kecepatan dan arah angin tiap tahun. Data kecepatan dan arah angin tersebut dapat dicari kumulatifnya dapat dicari prosentase masing-masing arah dan kecepatan angin
2. Langkah selanjutnya membuat gambar *wind rose* (mawar angin) untuk masing-masing arah dan kecepatan sesuai dengan prosentase yang telah dicari.
3. Untuk perencanaan, diambil arah angin yang berpengaruh dan berpotensi menimbulkan gelombang pada lokasi yang direncanakan.

Prosentase arah angin masing-masing data dihitung sebagai berikut:

Persentase (%) = (jumlah data berdasarkan arah angin dibagi jumlah semua data) dikali 100 %

Perhitungan tersebut merupakan persentase dari penggolongan data kecepatan arah angin yang dapat disajikan dalam bentuk tabel prosentase dan *windrose*. Arah angin yang memiliki presentase terbesar tersebut digunakan untuk menghitung fetch efektif. Sedangkan fetch efektif digunakan untuk menghitung durasi data (td) .

Berikut merupakan penggolongan data kecepatan angin tahun 2012-2016 yang telah di imputasi mean untuk masing-masing titik koordinat sebagai lokasi penelitian.

1. Perairan Surabaya 6.874824⁰S-112.747800⁰ E

Tabel 3.1 Penggolongan Data Kecepatan dan Arah Mata Angin di titik koordinat 6.874824⁰S-112.747800⁰ E periode tahun 2012-2016

Arah/Kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
N	-	-	-	-	-	-
NE	24	-	-	-	-	24
E	267	476	19	1	-	763
SE	201	193	1	-	1	396
S	46	1	-	-	-	47

Arah/Kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
SW	65	9	-	-	-	74
W	167	188	59	2	-	416
NW	60	35	12	-	-	107
Jumlah	830	902	91	3	1	1,827

Jumlah prosentase arah angin diatas ditentukan dengan cara adata ngin dengan range kecepatan 5-9 knot arah angin timur dibagi 1827 buah data, sehingga jika dihitung prosentase menjadi :

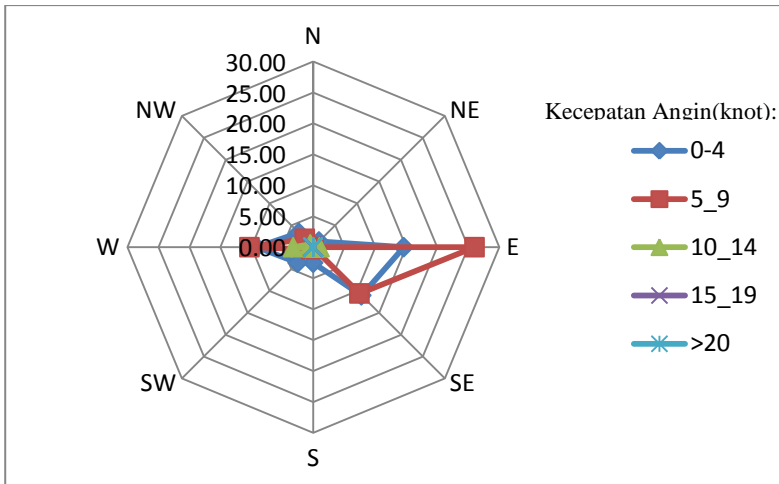
$$\text{Persentase data angin \%} = (476/1827) \times 100 \% = 26,05 \%$$

Perhitungan tersebut merupakan perhitungan dari arah timur. Penggolongan data kecepatan arah angin dalam bentuk prosentase dapat disajikan dalam bentuk tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Prosentase Data Kecepatan dan Arah Angin

Arah/kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
N	-	-	-	-	-	0.00
NE	1.31	-	-	-	-	1.31
E	14.61	26.05	1.04	-	-	41.76
SE	11.00	10.56	0.05	-	0.05	21.67
S	2.52	0.05	-	-	-	2.57
SW	3.56	0.49	-	-	-	4.05
W	9.14	10.29	3.23	0.11	-	22.77
NW	3.28	1.92	0.66	-	-	5.86
Jumlah	45.43	49.37	4.98	0.16	0.05	100

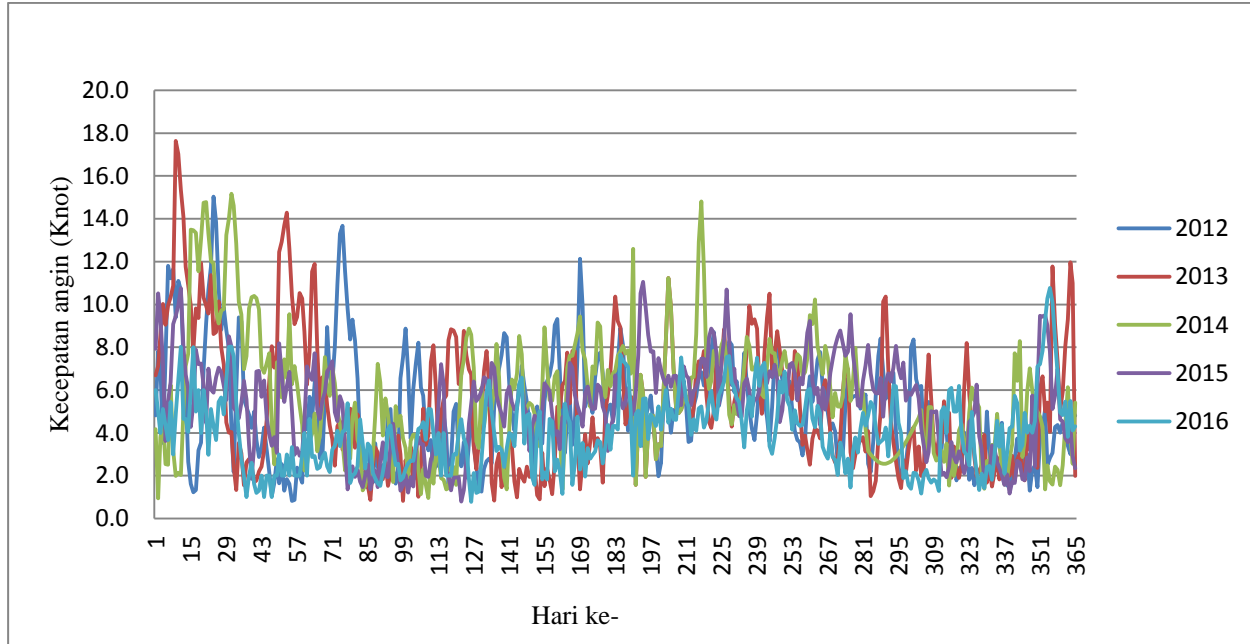
Tabel 3.2 di atas dapat dibuat gambar *wind rose* untuk mengilustrasikan prosentase data arah angin dominan, seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.4 Windrose Koordinat 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$ Tahun 2012-2016

Analisa arah angin dengan menggunakan windrose di atas dapat disimpulkan bahwa angin dominan terjadi pada arah timur dengan prosentase 26,05 %. Arah angin yang berpengaruh dalam pembangkitan gelombang adalah arah timur dengan presentase terbesar.

Gambar 3.4 merupakan grafik banyaknya data kecepatan angin dalam periode 2012-2016 di titik koordinat 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$.



Gambar 3.5 Kecepatan angin koordinat 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$

2. Koordinat 7.144933 S -114.106900 E

Tabel 3.3 Penggolongan data kecepatan arah mata angin pada titik koordinat 7.144933 S -114.106900 E periode tahun 2012-2016

Arah/Kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
N	-	-	-	-	-	-
NE	9	2	-	-	-	11
E	122	83	12	2	-	219
SE	83	238	36	-	-	357
S	79	1	-	-	-	80
SW	18	2	-	-	-	20
W	325	403	260	62	-	1050
NW	11	15	64	-	-	90
Jumlah	647	744	372	64	-	1.827

Jumlah prosentase arang angin diatas ditentukan dengan cara data angin dengan range kecepatan 5-9 knot arah angin barat dibagi 1827 buah data, sehingga jika dihitung prosentase menjadi:

$$\text{Persentase data angin \%} = (403/1827) \times 100 \% = 22,06 \%$$

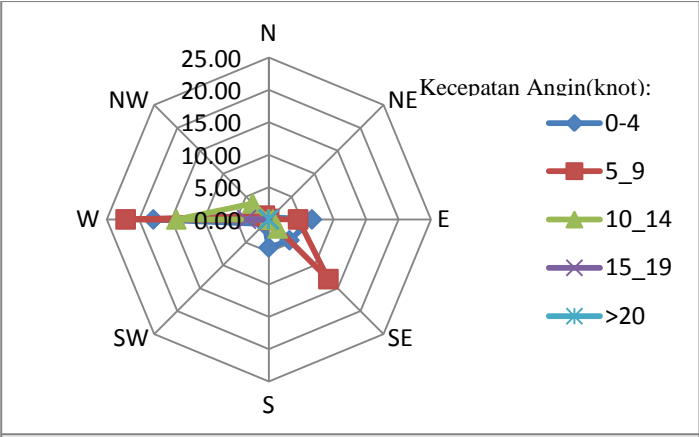
Perhitungan tersebut merupakan perhitungan dari arah barat, dari penggolongan data kecepatan arah angin dapat disajikan dalam bentuk tabel prosentase data kecepatan dan arah angin sebagai berikut :

Tabel 3.4 Prosentase data kecepatan dan arah angin

Arah/kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
N	-	-	-	-	-	-
NE	0,49	0,11	-	-	-	0,6
E	6,68	4,54	0,66	0,11	-	11,99
SE	4,54	13	1,97	-	-	19,54
S	4,32	0,05	-	-	-	4,38
SW	0,99	0,11	-	-	-	1,09

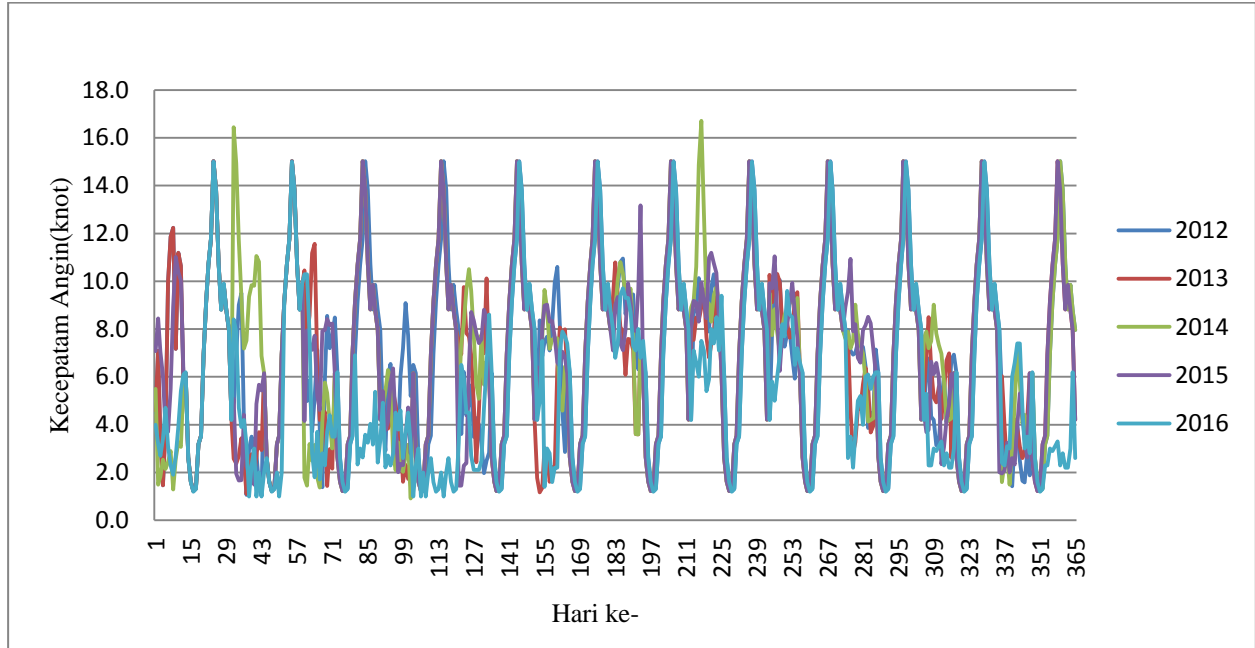
Arah/kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
W	17,79	22,1	14,23	3,39	-	57,47
NW	0,6	0,82	3,5	-	-	4,93
Jumlah	35,41	40,7	20,36	3,5	-	100

Tabel 3.4 di atas dapat dibuat gambar *wind rose* untuk menggambarkan prosentase data arah angin dominan, seperti gambar berikut ini :



Gambar 3.6 Windrose koordinat 7.144933⁰S-114.106900E tahun 2012-2016

Gambar 3.6 merupakan grafik banyaknya data kecepatan angin dalam periode 2012-2016 di perairan Kalianget. Analisa arah angin dengan menggunakan windrose diatas dapat disimpulkan bahwa angin dominan terjadi pada arah barat dengan prosentase 22,06 %. Arah angin yang berpengaruh dalam pembangkitan gelombang adalah arah timur dengan presentase terbesar.



Gambar 3.7 Kecepatan angin koordinat 7.144933°S $-114.10690^{\circ}\text{E}$

3. Perairan Banjarmasin Koordinat 3.540425⁰ S-114.48430⁰ E
Tabel 3.5 Penggolongan Data Kecepatan Arah Mata Angin Titik
Koordinat 3.540425⁰ S-114.484300⁰ E Periode Tahun
2012-2016

Arah/Kecepatan (knot)	0-4	5-9	10-14	15-19	>20	Jumlah
N	-	-	-	-	-	-
NE	14	4	-	-	-	18
E	76	133	6	-	-	215
SE	125	457	282	-	-	864
S	105	69	0	-	-	174
SW	110	43	2	-	-	155
W	79	209	62	2	-	352
NW	19	26	4	-	-	49
Jumlah	528	941	356	2	-	1,827

Jumlah prosentase arah angin diatas ditentukan dengan cara data angin dengan range kecepatan angin 5-9 knot arah angin selatan dibagi 1827 buah data, sehingga jika dihitung prosentase menjadi :

Persentase data angin% =(457/1827) x 100 % = 25.01 %

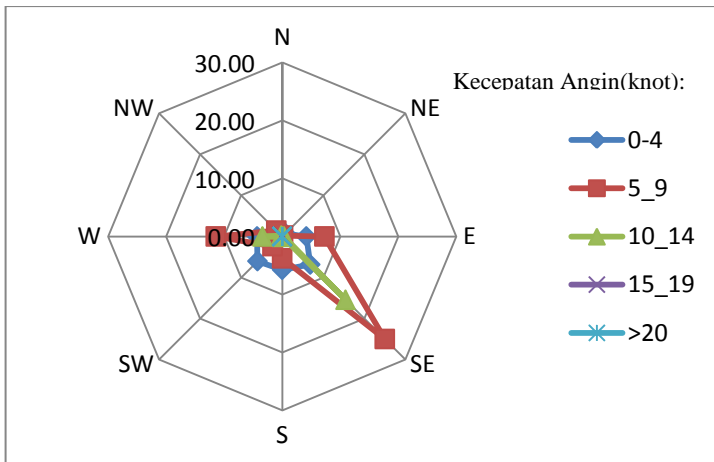
Perhitungan tersebut merupakan perhitungan dari arah tenggara, dari penggolongan data kecepatan arah angin dapat disajikan dalam bentuk tabel prosentase data kecepatan dan arah angin sebagai berikut :

Tabel 3.6 Prosentase Data Kecepatan dan Arah Angin

Arah/kecepatan (knot)	0-4	05-09	10-14	15-19	>20	Jumlah
N	-	-	-	-	-	-
NE	0.77	0.22	-	-	-	0.99
E	4.16	7.28	0.33	-	-	11.77
SE	6.84	25.01	15.44	-	-	47.29
S	5.75	3.78	-	-	-	9.52

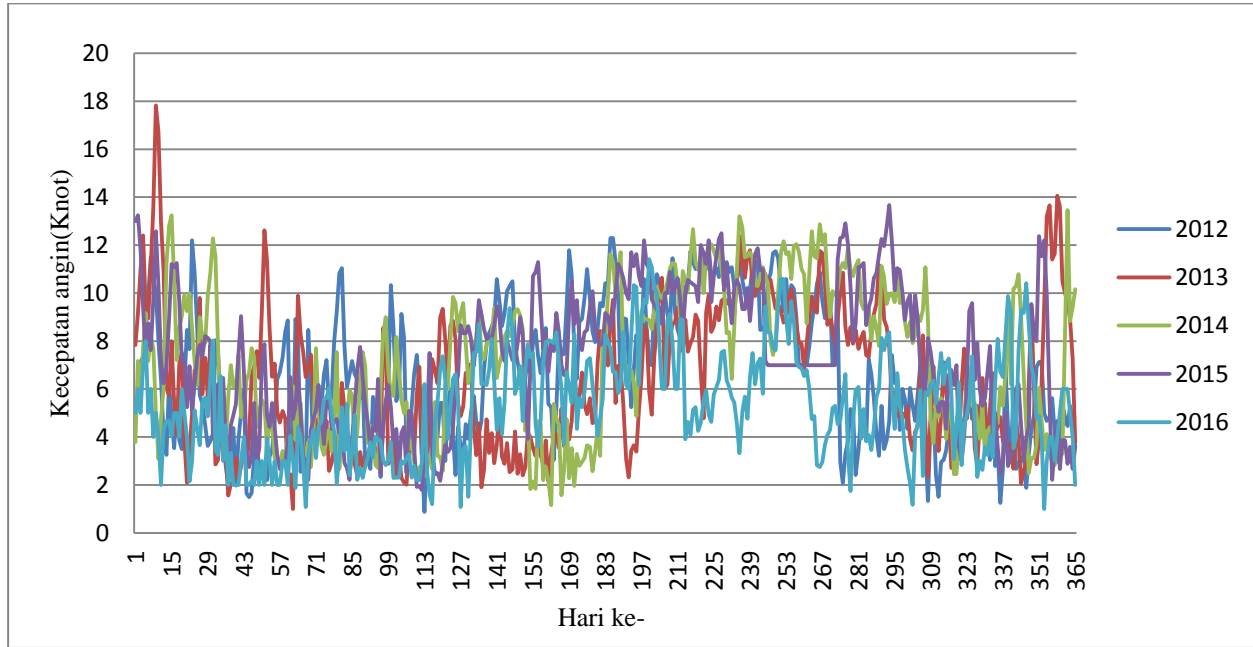
Arah/kecepatan (knot)	0-4	05-09	10-14	15-19	>20	Jumlah
SW	6.02	2.35	0.11	-	-	8.48
W	4.32	11.44	3.39	0.11	-	19.27
NW	1.04	1.42	0.22	-	-	2.68
Jumlah	28.90	51.51	19.49	0.11	-	100.00

Tabel 3.6 di atas dapat dibuat gambar *wind rose* untuk menggambarkan prosentase data arah angin dominan, seperti gambar berikut ini:



Gambar 3.8 Windrose Koordinat 3.540425° S- 114.480° E Tahun 2012-2016.

Analisa arah angin dengan menggunakan windrose diatas dapat disimpulkan bahwa angin dominan terjadi pada arah tenggara dengan prosentase 25,01%. Arah angin yang berpengaruh dalam pembangkitan gelombang adalah arah tenggara dengan presentase terbesar. Gambar 3.8 merupakan grafik banyaknya data kecepatan angin dalam periode 2012-2016 di koordinat 3.540425° S- 114.484300° E.



Gambar 3.9 Kecepatan Angin Koordinat 3.540425° S-114.484300° E

3.4.1 Perhitungan Fetch Efektif

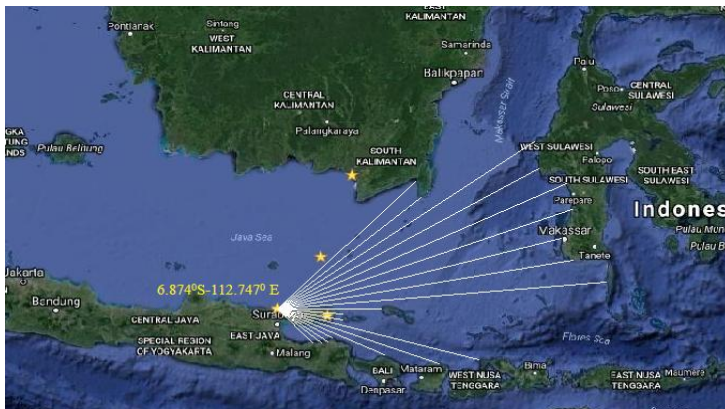
Perhitungan fetch efektif dilakukan setelah mengetahui arah angin dominan yang digambarkan oleh windrose untuk setiap koordinat. Fetch efektif digunakan dalam grafik peramalan gelombang untuk mengetahui tinggi, periode dan durasi gelombang. Persamaan 3.1 digunakan untuk menghitung nilai fetch efektif.

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi.cos\alpha}{\sum cos\alpha}. \quad (3.1)$$

Perhitungan fetch efektif menggunakan bantuan software AutoCAD 2004 dan Google Maps. Deviasi kedua sisi dari arah angin menggunakan pertambahan 5° sampai sudut sebesar 45° pada kedua sisi dari arah angin. Skala peta yang digunakan adalah 1 mm : 2 Km yang artinya setiap 1 mm panjang garis pada peta mewakili 2 km jarak sesungguhnya. Nilai fetch efektif masing-masing koordinat yang digunakan sebagai objek penelitian

1. Perairan Surabaya koordinat 6.8748°S-112.747° E

Windrose gambar 3.3, arah angin dominan yang berpengaruh dalam pembangkitan gelombang pada rentang tahun 2012–2016 adalah arah timur dengan prosentase 26.05%. Penggambaran fetch untuk arah timur terdapat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Fetch Arah Timur koordinat 6.874°S-112.747° E

Panjang setiap garis rentang pada AutoCAD digunakan untuk menghitung jarak sesungguhnya dengan mengkalikan dengan skala peta. Tabel 3.7 yaitu perhitungan fetch efektif untuk arah timur

Tabel 3.7 Perhitungan Fetch Efektif Arah Selatan Koordinat 6.8748⁰S-112.747⁰ E

arah mata angin	Sudut (a)	cos ai	x awal (mm)	jarak sebenarnya (xi)	Xicosa
Timur	45	0.707	250.09	500.18	353.63
	40	0.766	240.00	480.00	367.68
	35	0.819	402.52	805.04	659.33
	30	0.866	387.37	774.75	670.93
	25	0.906	409.59	819.18	742.18
	20	0.94	402.04	804.08	755.84
	15	0.966	377.34	754.69	729.03
	10	0.985	386.04	772.08	760.50
	5	0.996	423.55	847.11	843.72
	0	1	133.57	267.15	267.15
	-5	0.996	83.38	166.75	166.08
	-10	0.985	85.29	170.57	168.01
	-15	0.966	267.60	535.20	517.01
	-20	0.94	220.92	441.84	415.32
	-25	0.906	151.35	302.70	274.24
	-30	0.866	80.82	161.64	139.98
	-35	0.819	78.41	156.81	128.43
	-40	0.766	73.45	146.89	112.52
	-45	0.707	65.71	131.42	92.92
Total	-	16.90	4518.77	9038.08	8164.50

Tabel 3.7 merupakan hasil perhitungan panjang fetch efektif arah angin timur untuk koordinat 6.8748⁰S-112.747⁰ E yaitu:

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot cosa}{\sum cosa} = \frac{8164,50}{16,90} = 483,05 \text{ km}$$

2. Koordinat 7.144933 S -114.106900E

Windrose pada gambar 3.4 menunjukkan bahwa arah angin dominan untuk rentang 2012-2016 oleh perairan Kalianget koordinat 7.144933 S -114.106900 E adalah arah timur dengan presentase. Gambar 3.10 menunjukkan fetch untuk arah barat.



Gambar 3. 11 PanjangFetch Arah Timur Koordinat 7.144933 S - 114.106900 E

Tabel 3.8 Perhitungan Fetch Efektif Untuk Arah Timur Koordinat 7.144933 S -114.106900 E

arah mata angin	sudut simpangan	cos ai	x awal (mm)	jarak sebenarnya (xi)	Xicosα
Barat	135	0,707	106,93	213,8654	151,203
	140	0,766	100	200	153,2
	145	0,819	394,43	788,868	646,083
	150	0,866	462	924,0066	800,19
	155	0,906	495,43	990,8652	897,724
	160	0,94	-	-	-
	165	0,966	-	-	-
	170	0,985	-	-	-
	175	0,996	-	-	-
	180	1	-	-	-
	185	0,996	-	-	-
	190	0,985	-	-	-
	195	0,966	-	-	-

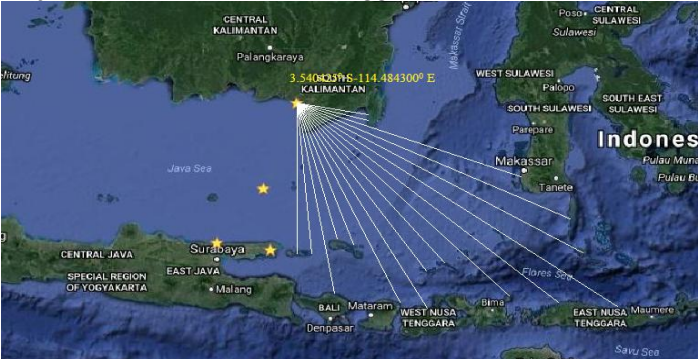
arah mata angin	sudut simpangan	cos ai	x awal (mm)	jarak sebenarnya (xi)	Xicosa
	200	0,94	-	-	-
	205	0,906	73,519	147,0378	133,216
	210	0,866	62,922	125,8438	108,981
	215	0,819	59,368	118,7352	97,2441
	220	0,766	51,715	103,4296	79,2271
	225	0,707	44,543	89,0852	62,9832
Total	-	16,90	1850.857	3701.737	3130.1

Tabel 3.8 merupakan hasil perhitungan fetch efektif untuk arah barat untuk koordinat 7.144933 S -114.106900 E yaitu:

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi.cosa}{\sum cosa} = \frac{3130,05}{16,90} = 185,88 \text{ km}$$

3. Perairan Banjarmasin 3.540425⁰ S-114.484300⁰ E

Windrsoe pada gambar 3.5 menunjukkan bahwa arah angin dominan untuk rentang 2012-2016 oleh pengukuran koordinat 3.540425⁰ S-114.484300⁰ E adalah dominan arah tenggara dengan presentase %. Berikut gambar 3.11 dibawah ini yang menunjukkan fetch untuk arah tenggara.



Gambar 3. 12 Panjang Fetch Arah Tenggara Koordinat 3.540425⁰ S-114.484300⁰ E

Tabel 3.9 Perhitungan Fetch Efektif untuk Arah Tenggara
Koordinat 3.540425⁰ S-114.484300⁰ E

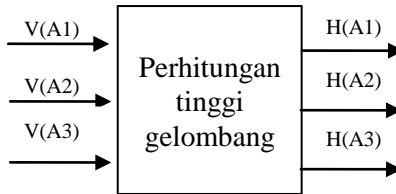
arah mata angin	sudut (a)	cos ai	x awal (mm)	jarak sebenarnya (xi)	Xicosa
Tenggara	45	0.707	-	-	-
	40	0.766	-	-	-
	35	0.819	86.7	173.4	142.1
	30	0.866	88.3	176.6	153.0
	25	0.906	286.4	572.9	519.2
	20	0.940	363.0	726.0	682.2
	15	0.966	397.3	794.7	767.6
	10	0.985	471.1	942.3	928.0
	5	0.996	411.0	821.9	818.7
	0	1	361.0	722.0	722.0
	-5	0.996	276.2	552.4	550.3
	-10	0.985	271.6	627.4	617.9
	-15	0.966	313.7	584.0	564.1
	-20	0.940	292.0	400.0	375.8
	-25	0.906	200.0	372.1	337.2
	-30	0.866	186.0	512.1	443.4
	-35	0.819	256.0	400.0	327.7
	-40	0.766	200.0	400.0	306.4
	-45	0.707	200.0	400.0	282.8
Total	-	16.90	4660.3	8866.85	8538.36

Tabel 3.9 merupakan hasil perhitungan fetch efektif untuk arah barat untuk koordinat 3.540425⁰ S-114.484300⁰ E yaitu:

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cdot \cos a}{\sum \cos a} = \frac{7386,10}{16,90} = 437 \text{ km}$$

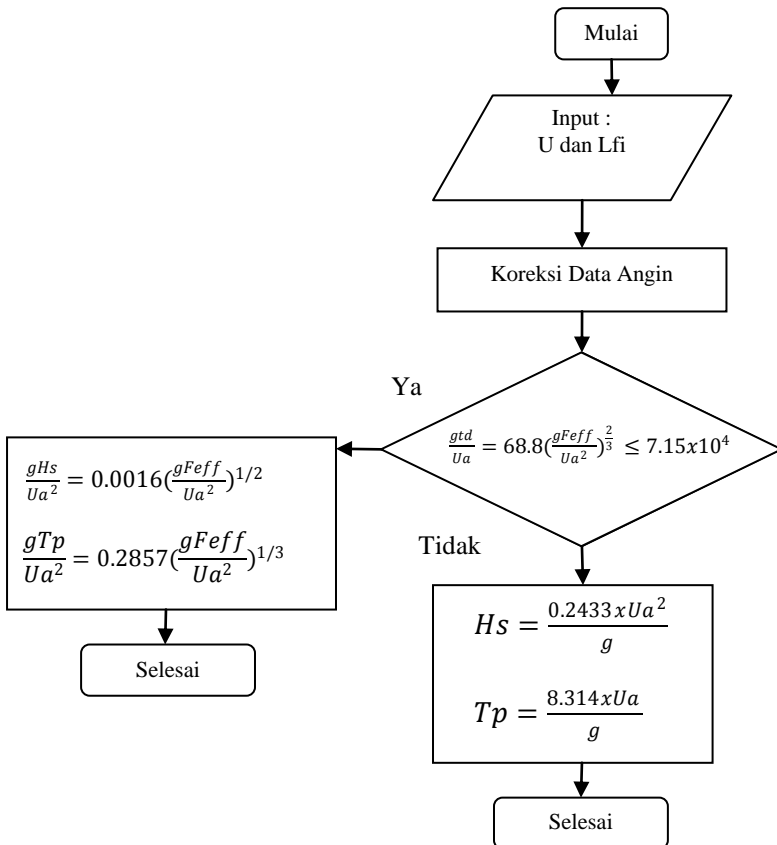
3.4 Perhitungan Tinggi Gelombang Signifikan Menggunakan SMB

Proses perhitungan tinggi gelombang dengan menggunakan teori SMB dilustrasikan oleh diagram blok gambar 3.12 dibawah ini



Gambar 3.13 Blok Diagram Perhitungan Tinggi Gelombang Teori SMB

Gambar 3.13 mengilustrasikan proses perhitungan tinggi gelombang menggunakan metode SMB. Variabel masukan prediktor yaitu kecepatan angin pada koordinat 6.8740S-112.7470 E, .144933 S -114.106900 E, 3.5404250 S-114.4843000 E (VA1,VA2,VA3) dan variabel keluaran adalah tinggi gelombang signifikan (H1,H2,H3). Langkah-langkah dalam meramalkan tinggi gelombang signifikan dengan teori SMB ditunjukkan oleh flowchart pada gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14 Flowchart Algoritma Metode SMB

Berdasarkan gambar 3.14 yaitu langkah-langkah yang dilakukan untuk dapat menentukan ketinggian gelombang adalah sebagai berikut:

1. Koreksi data angin dihitung untuk menentukan tegangan angin(Ua) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16, 2.17, dan 2.18. *Fetch* efektif dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19.

2. Durasi data (t_d) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 untuk mengetahui pertumbuhan gelombang sempurna atau tidak sempurna.
3. Berdasarkan analisa durasi data (t_d), apabila tidak memenuhi maka tinggi gelombang merupakan pertumbuhan gelombang sempurna yang dihitung dengan persamaan 2.8 dan 2.9. Sedangkan, jika hasil analisa memenuhi maka tinggi gelombang merupakan pertumbuhan gelombang tidak sempurna yang dihitung dengan persamaan 2.10 dan 2.11.

Hasil perbandingan terhadap persamaan 2.7 pada penelitian ini dengan menggunakan kecepatan angin terbesar yaitu 18 knot dan fetch terbesar 505.17 km, maka faktor tegangan angin adalah 2.65 m/s didapatkan bahwa :

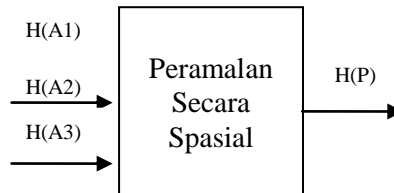
$$\begin{aligned} \frac{g t_d}{U_a} &= 68.8 \left(\frac{g^{Eff}}{U_a^2} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 7.15 \times 10^4 \\ \frac{9.8 \times t_d}{2.65} &= 68.8 \left(\frac{9.8 \times 505.17}{2.65^2} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 7.15 \times 10^4 \\ 1444.161 &\leq 7.15 \times 10^4 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa diketahui analisa tidak memenuhi persamaan 2.7, jadi pertumbuhan gelombang adalah gelombang tidak sempurna. Tinggi gelombang signifikan dapat dihitung dengan menghitung terlebih dahulu fetch efektif. Jadi, tinggi gelombang signifikan pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan persamaan 2.10 dan 2.11.

3.5 Peramalan Tinggi Gelombang Spasial Menggunakan Metode Thiessen Polygon

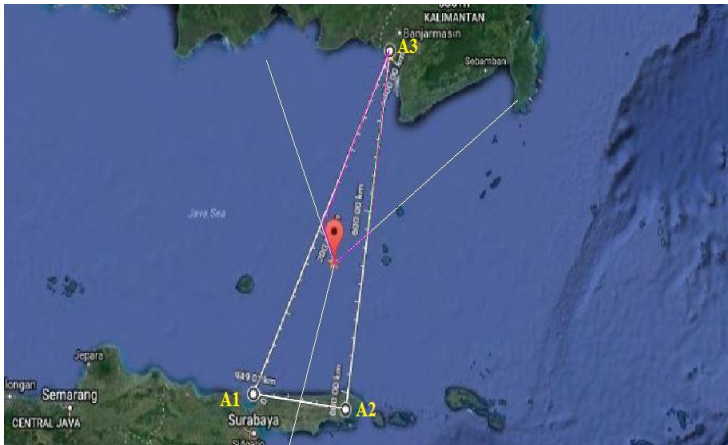
Metode thiessen polygon digunakan untuk meramalkan tinggi gelombang signifikan koordinat yang tidak memiliki data tinggi gelombang. Peramalan tinggi gelombang signifikan dengan metode thiessen polygon salah satu peramalan secara interpolasi, yaitu suatu metode yang menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia dan mengasumsikan bahwa atribut data bersifat kontinu dan saling berhubungan. Asumsi tersebut mengindikasikan bahwa pendugaan dapat dilakukan berdasarkan

nilai lokasi-lokasi sekitarnya. Titik koordinat yang dijadikan titik yang berpengaruh terhadap peramalan untuk area yang tidak memiliki data tinggi gelombang sebagai objek analisa penelitian adalah perairan Surabaya koordinat $6.8748240^{\circ}\text{S}-112.747800^{\circ}\text{E}$ sebagai A1, perairan Kalianget koordinat $7.144933^{\circ}\text{S} - 114.10690^{\circ}\text{E}$ sebagai A2, perairan Banjarmasin koordinat $3.5404250^{\circ}\text{S}-114.484300^{\circ}\text{E}$ sebagai A3 dan koordinat $5.5780290^{\circ}\text{S}-113.770440^{\circ}\text{E}$ sebagai P titik yang dijadikan objek analisa pada penelitian ini. Peramalan tinggi gelombang signifikan dengan menggunakan metode thiessen polygon pada penelitian ini dilakukan untuk periode Januari 2012 sampai Desember 2016. Koordinat tersebut merupakan bagian dari Laut JawaTimur. Peramalan tinggi gelombang secara spasial diilustrasikan pada gambar 3.15 di bawah ini:



Gambar 3.15 Blok Diagram Sistem Prediktor Secara Spasial

Gambar 3.15 merupakan alur proses peramalan secara spasial. Data masukan yaitu tinggi gelombang di koordinat A1,A2, dan A3. Peramalan spasial dilakukan dengan metode thiessen polygon. Data keluaran adalah tinggi gelombang di koordinat P. Koordinat A1,A2, dan A3 dibagi menjadi beberapa daerah pengaruh dengan menggunakan *software* AutoCAD 2014 seperti pada gambar 3.16 dibawah ini



Gambar 3.16 Pembagian Daerah Koordinat Penelitian Polygon

Gambar 3.16 merupakan pembagian daerah pengaruh koordinat penelitian yang dilakukan dengan membuat poligon dengan memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua koordinat pengambilan data. Tabel 3.10 merupakan luas daerah masing-masing koordinat pengambilan data, dimana A1 merupakan pengambilan data di koordinat $6.874824^{\circ}\text{S}-112.747800^{\circ}\text{E}$ di perairan Surabaya , A2 merupakan koordinat $7.144933^{\circ}\text{S}-114.10690^{\circ}\text{E}$ di perairan Kalianget dan A3 merupakan koordinat $3.540425^{\circ}\text{S}-114.484300^{\circ}\text{E}$ di perairan Banjarmasin.

Tabel 3.10 Luas Daerah Poligon Pengambilan Data

Koordinat A1 (km^2)	Koordinat A2 (km^2)	Koordinat A3 (km^2)
9597,569	12173,95	10130,3

Tinggi gelombang signifikan untuk koordinat yang tidak memiliki data tinggi gelombang dihitung dengan menggunakan persamaan 2.18.

3.6 Validasi Hasil Peramalan Tinggi Gelombang Metode Thiessen Polygon

Validasi bertujuan untuk mengetahui metode thiessen polygon dapat memberikan ketepatan hasil peramalan terhadap data aktual. Ketepatan peramalan dapat diukur dengan berbagai parameter. Validasi terhadap kesalahan peramalan pada penelitian ini menggunakan nilai MAPE yang dihitung dengan persamaan 2.19.

3.7 Pengolahan Data Untuk Ramalan Temporal

a. Penentuan Data Masukan dan target

Data masukan yang digunakan pada penelitian ini adalah tinggi gelombang signifikan yang telah diramalkan menggunakan metode thiessen polygon untuk area yang tidak memiliki data tinggi gelombang yaitu koordinat $5.578029^{\circ}\text{S}-113.77044^{\circ}\text{E}$ di perairan laut Jawa Timur. Data masukan adalah data tinggi gelombang signifikan periode Januari 2012-Desember 2014, sedangkan target adalah data tinggi gelombang signifikan periode Januari 2015-Desember 2015. Data untuk pelatihan sebanyak 80% yaitu sebanyak 1458 dan data validasi sebanyak 20% sebanyak 365 data.

b. Normalisasi Data

Normalisasi data adalah proses penskalaan terhadap nilai-nilai masukan dan target tersebut masuk dalam suatu range tertentu sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan (Rizianiza, 2015). Tinggi gelombang signifikan yang diramalkan harus di transformasi. Normalisasi data pada penelitian disesuaikan dengan fungsi aktivasi sigmoid biner yang memiliki rentang nilai 0 hingga 1. Langkah normalisasi data dengan cara menentukan nilai paling tinggi dan nilai paling rendah dari data yang ada. Normalisasi data dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Siang, 2005):

$$x' = \frac{0.9(x-a)}{b-a} + 0.1 \quad (3.3)$$

Keterangan :

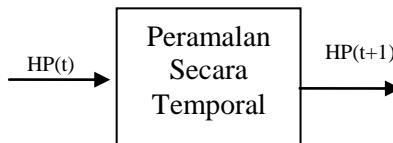
a = data minimum

b = data maksimum
 x = data asli

Data minimum pada penelitian ini adalah 0.28. sedangkan data maksimum adalah 1.20. Tabel pada lampiran D merupakan data tinggi gelombang signifikan yang telah dinormalisasi dengan menggunakan persamaan 3.4.

3.8 Perancangan Prediktor Tinggi Gelombang Secara Temporal

Peramalan tinggi gelombang secara temporal menggunakan metode jaringan saraf tiruan. Variabel masukan yang digunakan yaitu tinggi gelombang signifikan masing-masing koordinat selama 3 tahun sebelumnya. Sedangkan, variabel keluaran yaitu tinggi gelombang signifikan untuk periode 1 tahun kedepan.



Gambar 3.17 Blok Diagram Sistem Prediktor Secara Temporal

Gambar 3.16 adalah diagram blok yang mengilustrasikan proses peramalan tinggi gelombang dengan metode jaringan saraf tiruan. Variabel masukan yang digunakan yaitu tinggi gelombang pada saat (t) di ketiga koordinat penelitian, sedangkan variabel keluaran yaitu tinggi gelombang signifikan di koordinat 5.578029°S-113.77044°E untuk periode 1 tahun kedepan.

Peramalan secara temporal metode jaringan saraf tiruan dilakukan dengan merancang terlebih dahulu arsitektur sistem jaringan yang digunakan. Tahap-tahap perancangan arsitektur sistem jaringan adalah sebagai berikut:

a. Tahap Pelatihan

Tahap pelatihan atau pengenalan pola data untuk mendapatkan model arsitektur jaringan yang baik. Proses ini dilakukan menggunakan data pelatihan sebanyak 60 % dan pengujian 20 %. Arsitektur jaringan saraf tiruan dapat ditentukan dengan melakukan pelatihan dengan cara penyesuaian nilai parameter. Lapisan masukan pada penelitian ini menggunakan 36 simpul masukan yaitu periode bulanan tahun 2012-2014 dan 12 simpul keluaran yaitu tahun 2015. Jumlah sel lapisan tersembunyi ditentukan berdasarkan *trial and error* dengan cara mengubah konstanta belajar dan lapisan tersembunyi secara terus-menerus sampai memperoleh konfigurasi arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik yaitu nilai performansi terkecil. Penentuan arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik dilakukan dengan menginisialisasi parameter-parameter seperti 1000 epoch maksimum dan fungsi aktivasi sigmoid biner. Tabel 3.9 merupakan parameter perancangan arsitektur jaringan guna memperoleh nilai performansi terkecil.

Tabel 3. 9 Parameter Jaringan Saraf Tiruan

Percobaan	Masukan	Lapisan Tersembunyi	Keluaran	<i>Learning rate</i>
1	36	5	12	0,1
				0,3
				0,5
				0,7
				0,1
2	36	10	12	0,3
				0,5
				0,7
				0,1
3	36	15	12	0,3
				0,5
				0,7

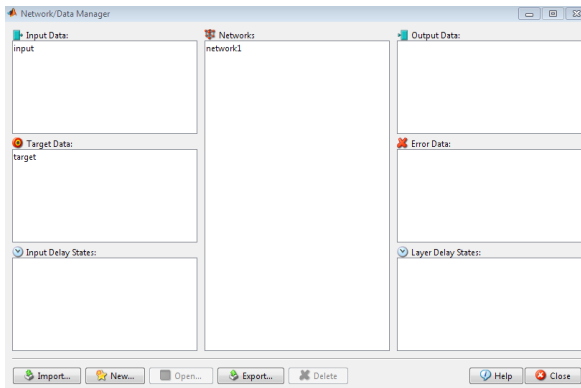
Percobaan Ke-	Masukan	Lapisan Tersembunyi	Keluaran	<i>Learning rate</i>
				0,1
4	36	20	12	0,3
				0,5
				0,7

Jumlah lapisan tersembunyi dan nilai *learning rate* yang dipilih berdasarkan cepatnya respon pengenalan pola. Semakin besar nilai *learning rate* akan berimplikasi pada semakin besarnya langkah pembelajaran dan tidak stabil, sedangkan semakin kecil nilai *learning rate* maka akan membuat algoritma akan konvergen dalam waktu yang sangat lama (Purnamasari, 2013). Tidak ada ketentuan khusus mengenai jumlah lapisan tersembunyi yang dibutuhkan karena tidak ada teori dengan pasti mengenai lapisan tersembunyi (Siang, 2005). Hasil keluaran yang diperoleh masih memiliki performansi yang besar maka jumlah neuron lapisan tersembunyi dapat diganti sampai mendapatkan nilai target *error* yang kecil. Penentuan parameter jaringan saraf tiruan untuk pembelajaran pada Matlab yaitu Traingdx. Traingdx adalah metode fungsi pelatihan untuk mempercepat laju pembelajaran yang memiliki kecepatan pelatihan yang tinggi sehingga banyak dipakai sebagai *default* dalam pelatihan *backpropagation* di Matlab.

Tahap training dilakukan dengan bantuan *toolbox neural network* (NNTOL) program Matlab 7.8.9. Langkah-langkah tahap pelatihan sebagai berikut:

1. Penentuan data masukan dan target

Data yang digunakan sebagai masukan dan target di *import* ke kotak dialog data *manager* untuk tahap proses pengenalan pola. Bagian ini perlu ditentukan jumlah variabel masukan, keluaran dan model jaringan yang digunakan. Gambar kotak dialog data manager *toolbox neural network* terdapat pada gambar 3.18 dibawah ini

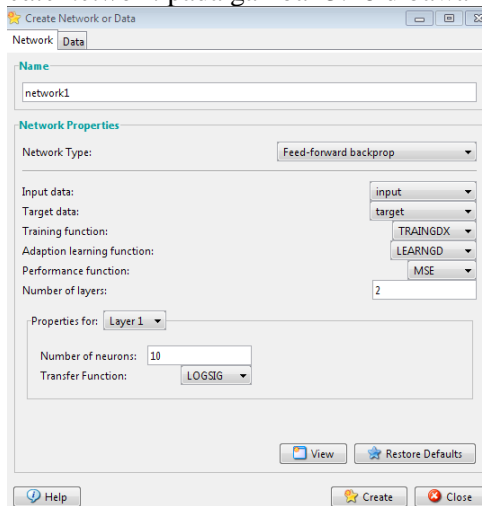


Gambar 3.18 Kotak Dialog *Manager Toolbox*

Gambar 3.18 merupakan kota dialog manager toolbox nntool yang berfungsi untuk memasukkan data masukan,data keluaran dan sistem jaringan yang dirancang.

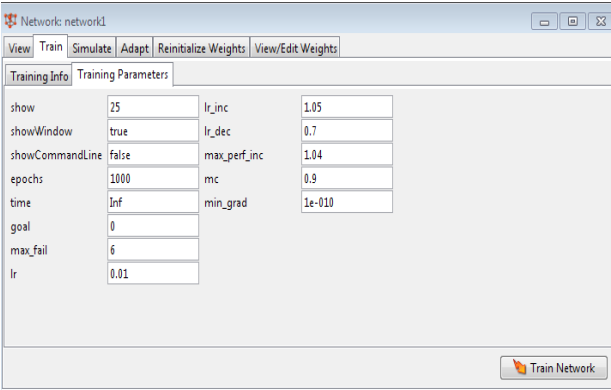
2. Penentuan model jaringan saraf tiruan

Model jaringan saraf tiruan pada NNTOOL diatur dengan kotak dialog *create network* pada gambar 3.18 dibawah ini.



Gambar 3.18 Kotak Dialog *Create Network*

Gambar 3.18 merupakan kotak dialog *create network* berfungsi untuk menentukan tipe jaringan, fungsi aktivasi, jumlah lapisan, jumlah neuron dan fungsi transfer yang digunakan. Penelitian ini menggunakan tipe jaringan backpropagation dan fungsi transfer sigmoid biner. Fungsi pelatihan yang digunakan yaitu fungsi pelatihan traingdx. Jumlah lapisan neuron yang digunakan bervariasi sehingga didapatkan nilai performansi terkecil untuk memperoleh model jaringan saraf tiruan terbaik. Inisialisasi parameter iterasi maksimum, target *error* dan *learning rate* dilakukan pada kotak dialog seperti pada gambar 3.19 dibawah ini

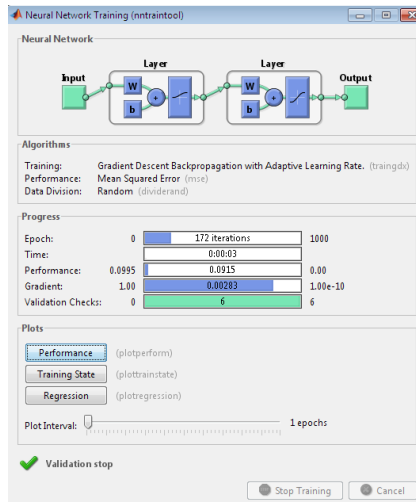


Training Parameters			
show	25	lr_inc	1.05
showWindow	true	lr_dec	0.7
showCommandLine	false	max_perf_inc	1.04
epochs	1000	mc	0.9
time	Inf	min_grad	1e-010
goal	0		
max_fail	6		
lr	0.01		

Train Network

Gambar 3.19 Kotak Diaog Penentuan Parameter Pembelajaran

Gambar 3.19 merupakan kotak dialog untuk merancangan sistem jaringan. Parameter yang dinisialisasikan yaitu jumlah *epoch*, *goal*, *learning rate* dan *mc* yaitu *momentum constant*. Langkah selanjutnya, dilakukan *train network* untuk melihat nilai performansi yang dihasilkan seperti pada gambar dibawah ini.



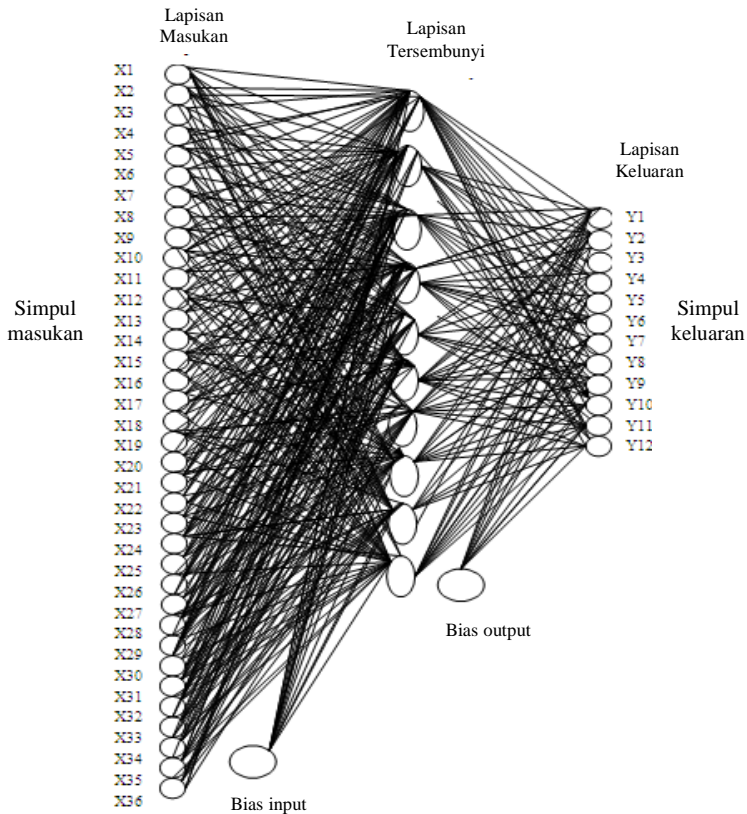
Gambar 3.20 Tampilan *Neural Network Training*

Gambar 3.20 adalah hasil dari percobaan yang telah dilakukan dengan *nntool* MATLAB untuk penentuan arsitektur terbaik perancangan sistem jaringan.

Tabel 4.1 Nilai Performansi dan Korelasi Hasil *Training*

Percobaan	Simpul masukan	Lapisan tersembunyi	Simpul Keluaran	Lr	Performansi	Korelasi
1	36	5	12	0,1	0,0134	0,58974
				0,3	0,0129	0,78116
				0,5	0,0093	0,69403
				0,7	0,0103	0,79552
2	36	10	12	0,1	0,01	0,79017
				0,3	0,01	0,80374
				0,5	0,01	0,77204
				0,7	0,0111	0,78019
3	36	15	12	0,1	0,01	0,79028
				0,3	0,0141	0,72461
				0,5	0,01	0,69289
				0,7	0,01	0,78429
4	36	20	12	0,1	0,0117	0,79685
				0,3	0,01	0,7974
				0,5	0,01	0,7336
				0,7	0,01	0,75648

Berdasarkan beberapa eksperimen yang telah dilakukan tersebut, arsitektur jaringan syaraf tiruan terbaik adalah arsitektur 36-10-12. Parameter nilai *learning rate* yaitu 0,3 dengan nilai performansi 0,01 dan korelasi sebesar 0,80374 yang ditunjukkan oleh tanda kuning pada tabel 4.1.



Gambar 3.21 Arsitektur Jaringan 36-10-12

Gambar 3.21 adalah arsitektur sistem jaringan yang mempunyai nilai performansi terbaik dari hasil tahap pelatihan. Arsitektur ini terdiri dari 36 simpul lapisan masukan, 4 lapisan tersembunyi dan 12 simpul lapisan keluaran.

b. Tahap Pengujian

Tahap pengujian merupakan tahap yang digunakan untuk menguji validasi data yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai error yang dihasilkan. Data masukan yang digunakan untuk tahap validasi adalah data tinggi gelombang signifikan sebanyak 10% yaitu tahun 2015. Tahap pengujian menggunakan fungsi bawaan Matlab yaitu `sim(nama_training,input)`. Hasil target akan memberikan keluaran tertentu sesuai dengan target pelatihan yang dibandingkan dengan nilai target dan dihitung performansi. Berikut tahap-tahap testing menggunakan arsitektur jaringan yang telah dipilih :

1. Model jaringan yang telah mendapatkan nilai performansi terkecil di simpan untuk kemudian diuji dengan data testing.
2. Pilih nama jaringan *training*, klik *save*. Simpan hasil training, selanjutnya lakukan pengujian dengan fungsi berikut ini


```
>> load network1
>> hasil = sim (network1,input)
>> respon = sim(network1,input)
```
3. Respon simulasi keluaran dibandingkan dengan data target.

3.9 Validasi Sistem Pengujian Prediktor

Validasi sistem prediktor digunakan untuk mengetahui sistem jaringan yang dirancang memberikan respon yang baik. Validasi tersebut dilakukan dengan membandingkan respon simulasi pengujian prediktor dengan data target yaitu data tahun 2015. Parameter nilai validasi yang digunakan adalah nilai MAPE yang dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19. Nilai MAPE yang diperoleh kurang dari 20%, maka sistem prediktor yang dirancang dapat digunakan untuk simulasi prediksi ketinggian gelombang.

3.10 Simulasi Sistem Prediktor Temporal

Simulasi sistem prediktor merupakan tahap peramalan tinggi gelombang untuk periode 1 tahun kedepan. Langkah-langkah untuk memprediksi tinggi gelombang laut adalah sebagai berikut :

1. Masukkan data masukan di command window, penelitian ini menggunakan data masukan tinggi gelombang signifikan tahun 2014 dan tahun 2015 untuk memprediksi tinggi gelombang signifikan tahun 2016. Fungsi simulasi yang dituliskan untuk prediksi adalah sebagai berikut:

```
>> prediksi = sim(network1,new_input)
```

2. Setelah mendapatkan respon simulasi kemudian dinormalisasikan dengan persamaan berikut ini (Siang, 2005)

$$x = \frac{(x' - 0.1)(x_{\max} - x_{\min})}{0.9} + x_{\min} \quad (2.6)$$

Keterangan :

x = data normalisasi
 x. max = data maksimum asli
 x.min = data minimum asli

3. Hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual untuk mengetahui ketepatan pemodelan prediksi yang dihasilkan oleh jaringan saraf tiruan.

3.11 Validasi Simulasi Hasil Prediktor

Validasi simulasi bertujuan untuk mengetahui ketepatan hasil peramalan dari sistem prediktor yang dirancang dan dibanding dengan data aktual. Validasi sistem prediktor ini menggunakan data tinggi gelombang bulan Maret 2017. Parameter nilai validasi yang digunakan adalah nilai MAPE yang dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19. Nilai MAPE yang diperoleh kurang dari 20%, maka hasil peramalan tinggi gelombang yang diperoleh bernilai baik.

3.12 Analisa Hasil

Hasil simulasi yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil prediksi yang kemudian divalidasi untuk menjawab tujuan dalam bentuk kesimpulan. Analisa data dilakukan pada hasil ketepatan

peramalan prediktor spasial dan temporal untuk titik koordinat 5.578029 °S-113.77044 °E. Hasil ketepatan peraman ditunjukkan melalui parameter MAPE yang apabila bernilai kurang dari 20 % berarti hasil peramalan bernilai baik.

3.13 Penarikan Kesimpulan

Tahap selanjutnya, setelah semua langkah-langkah penelitian sesuai flowchart 3.1 dilakukan, maka diperoleh analisa yang kemudian menjawab tujuan penelitian dalam sebuah kesimpulan laporan akhir. Kesimpulan tersebut merupakan bentuk hasil laporan akhir dari kegiatan penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan dan berguna bagi peneliti selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

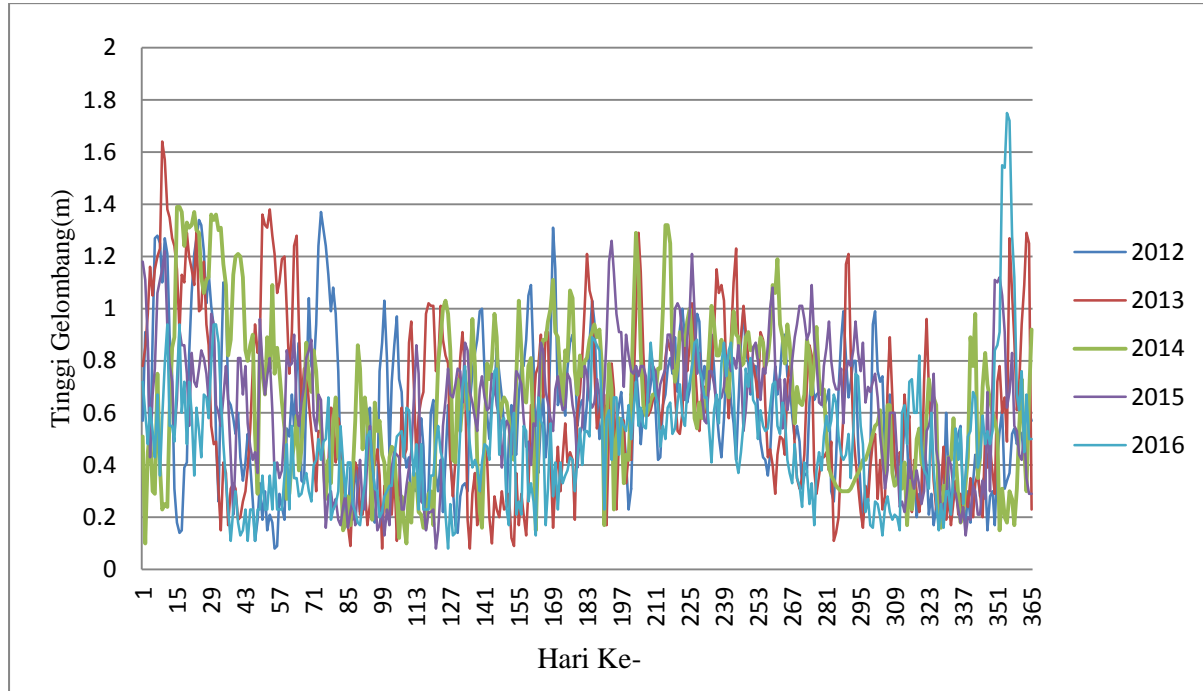
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Tinggi Gelombang Signifikan Masing-Masing Koordinat

Peramalan tinggi gelombang signifikan dilakukan untuk masing-masing koordinat yang dijadikan sebagai objek pengambilan data. Penelitian menggunakan metode SMB sebagai persamaan untuk menghitung tinggi gelombang signifikan. Data-data yang diperlukan untuk meramalkan tinggi gelombang signifikan adalah data angin yang terdiri dari arah angin, dan kecepatan angin

a. Koordinat 6.874824^0S - 112.747800^0E

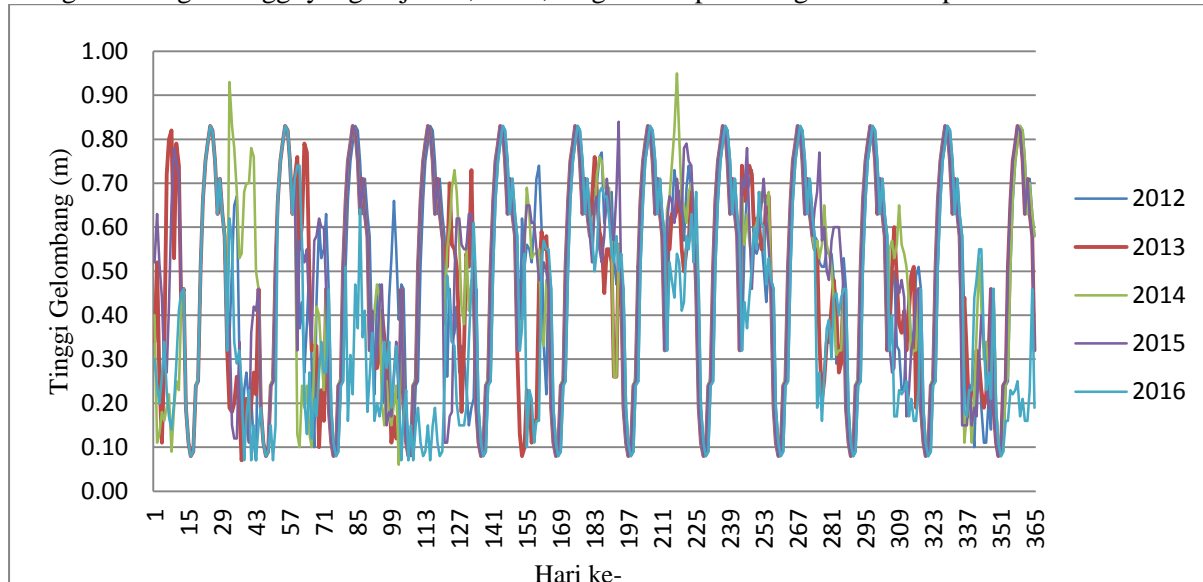
Gambar 4.1 merupakan grafik hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan untuk koordinat 6.874824^0S - 112.747800^0E periode Januari 2012 – Desember 2016. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa tinggi gelombang tertinggi yaitu 1.64 meter dengan kecepatan 18 knot pada tahun 2013.



Gambar 4.1 Tinggi Gelombang Koordinat 6.874824°S - $112.747800^{\circ}\text{E}$

b. Koordinat 7.144933 S -114.106900 E

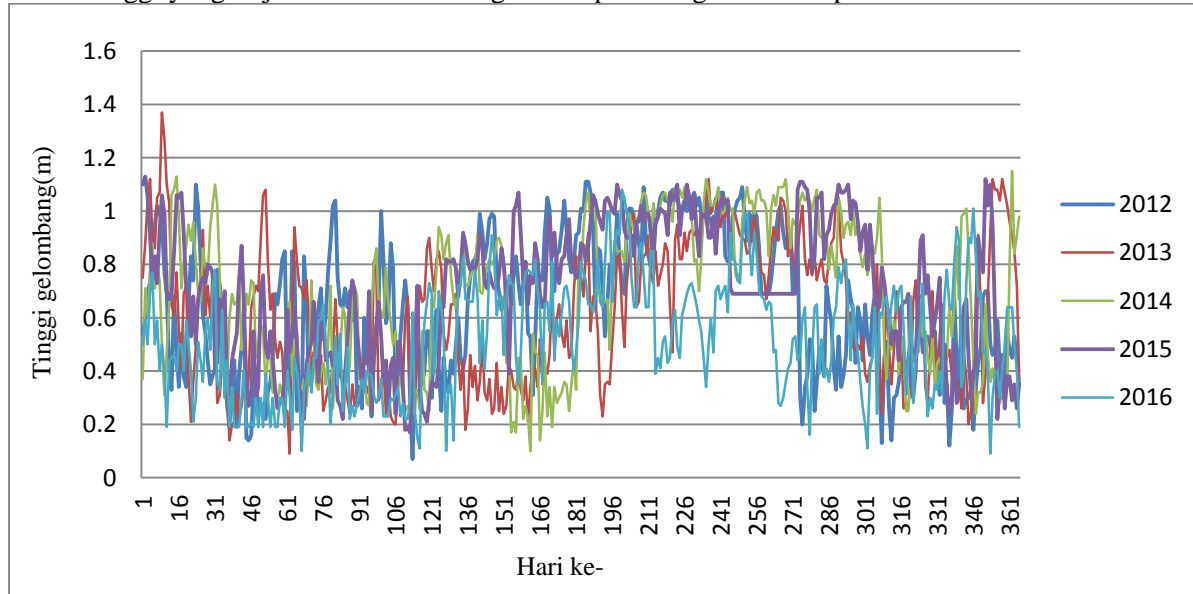
Gambar 4.2 merupakan grafik hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan koordinat 7.144933 S -114.106900 E periode Januari 2012 – Desember 2016. Berdasarkan grafik gelombang tertinggi yang terjadi 0,95 m, dengan kecepatan angin 17 knot pada tahun 2016.



Gambar 4.2 Tinggi Gelombang Koordinat 7.144933 S -114.106900 E

c. Koordinat 3.540425° S- 114.484300° E

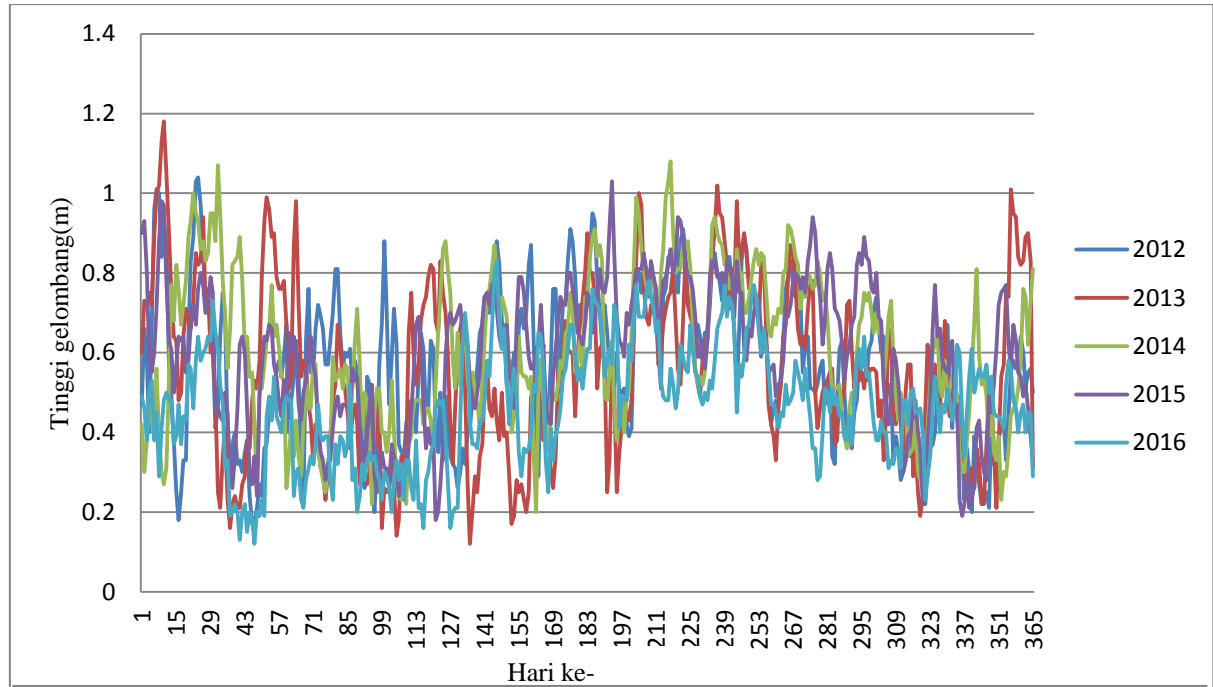
Gambar 4.3 merupakan grafik hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan untuk koordinat 7.05000° S- 113.97000° E periode Januari 2012 – Desember 2016. Berdasarkan grafik gelombang tertinggi yang terjadi 1.37 meter dengan kecepatan angin 16 knot pada tahun 2013.



Gambar 4.3 Tinggi Gelombang Koordinat 3.540425° S- 114.484300° E

4.2 Peramalan Tinggi Gelombang Menggunakan Metode Thiessen Polygon

Hasil peramalan tinggi gelombang signifikan periode 2012-2016 di koordinat 5.578029°S - $113.77044^{\circ}\text{E}$ terdapat pada lampiran B. Hasil peramalan spasial dengan metode thiessen polygon menunjukkan bahwa tinggi gelombang dikoordinat pengambilan data memiliki pengaruh terhadap hasil tinggi gelombang di koordinat 5.578029°S - $113.77044^{\circ}\text{E}$. Hal tersebut ditunjukkan pada grafik pada gambar 4.5 yang hampir memiliki pola yang sama dengan grafik tinggi gelombang di ketiga koordinat pengambilan data yaitu koordinat A1,A2 dan A3. Grafik 4.4 terlihat tinggi gelombang tertinggi yang terjadi yaitu 1.18 meter pada tahun 2013. Gelombang tertinggi terjadi pada tahun 2014 yaitu 1,13 m. Gelombang tertinggi tersebut juga dipengaruhi oleh pola dari tinggi gelombang titik koordinat tetangga sekitarnya. Hal ini menunjukkan hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan dengan metode SMB yang telah diperoleh mampu mengikuti pola data dari data koordinat tetangga.



Gambar 4.4 Tinggi Gelombang Koordinat 5.578029°S-113.77044°E

4.3 Validasi Tinggi Gelombang Metode Thiessen Polygon

Validasi tinggi gelombang dilakukan dengan menggunakan data peramalan dari situs Buoyweather. Validasi tinggi gelombang signifikan dengan membandingkan data tinggi gelombang terbaru yaitu bulan Maret 2017 dengan hasil peramalan secara spasial di koordinat 5.578029 °S-113.77044 °E. Situs buoyweather merupakan situs untuk mengetahui peramalan cuaca disuatu titik koordinat. Data yang direkam sebanyak 44 data terbaru dimulai tanggal 16 Maret 2017 sampai 7 Mei 2017.

Berikut peramalan tinggi gelombang signifikan dengan data kecepatan angin berasal dari situs buoyweather.com

Tabel 4. 2 Peramalan Tinggi Gelombang *Buoyweather*

Tanggal	Kec. Angin (knot)	Tinggi Gelombang (m)			
		Koordinat A1	Koordinat at A2	Koordinat A3	Koordinat P
16/03/2017	3	0.36	0,23	0.3	0,3
18/03/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
19/03/2017	9	1.04	0,65	0.86	1
20/03/2017	15	1.34	0,83	1.11	1,3
21/03/2017	9	1.04	0,65	0.86	1
22/03/2017	8	0.94	0,58	0.77	0,9
23/03/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
24/03/2017	2	0.23	0,15	0.19	0,2
26/03/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
27/03/2017	2	0.23	0,15	0.19	0,2
28/03/2017	2	0.23	0,15	0.19	0,2
29/03/2017	3	0.36	0,23	0.3	0,3
03/04/2017	8	0.94	0,58	0.77	0,9
04/04/2017	9	1.04	0,65	0.86	1

Tanggal	Kec. Angin (knot)	Tinggi Gelombang (m)			
		Koordinat A1	Koordinat at A2	Koordinat A3	Koordinat P
05/04/2017	12	1.3	0,81	1.07	1,2
06/04/2017	8	0.94	0,58	0.77	0,9
07/04/2017	6	0.72	0,44	0.59	0,7
08/04/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
10/04/2017	2	0.23	0,15	0.19	0,2
12/04/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
13/04/2017	2	0.23	0,15	0.19	0,2
14/04/2017	3	0.36	0,23	0.3	0,3
15/04/2017	10	1.16	0,72	0.96	1,1
16/04/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
17/04/2017	10	1.16	0,72	0.96	1,1
18/04/2017	8	0.94	0,58	0.77	0,9
19/04/2017	9	1.04	0,65	0.86	1
20/04/2017	12	1.02	0,63	0.84	1
21/04/2017	9	1.04	0,65	0.86	1
22/04/2017	12	1.02	0,63	0.84	1
23/04/2017	10	1.16	0,72	0.96	1,1
24/04/2017	10	1.16	0,72	0.96	1,1
25/04/2017	9	1.04	0,65	0.86	1
26/04/2017	7	0.83	0,51	0.69	0,8
27/04/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
28/04/2017	10	1.19	0,74	0.99	1,1
29/04/2017	9	1.05	0,65	0.87	1
01/05/2017	5	0.6	0,37	0.5	0,6
02/05/2017	3	0.37	0,23	0.3	0,3

Tanggal	Kec. Angin (knot)	Tinggi Gelombang (m)			
		Koordinat A1	Koordinat at A2	Koordinat A3	Koordinat P
03/05/2017	3	0.37	0,23	0.3	0,3
04/05/2017	7	0.84	0,51	0.69	0,8
05/05/2017	3	0.37	0,23	0.3	0,3
06/05/2017	5	0.6	0.6	0.5	0.6
07/05/2017	4	0.49	0.48	0.4	0.5

Data hasil peramalan pada tabel 4.2 dibandingkan dengan tinggi gelombang dari situs buoyweather. Berikut tabel 4.3 hasil perbandingan tinggi gelombang.

Tabel 4.3 Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang Signifikan secara Spasial dan Data *Buoyweather*

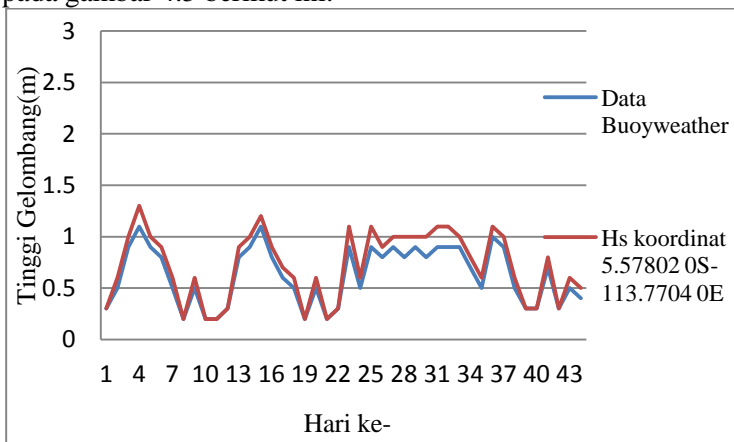
Tanggal	Tinggi Gelombang (m)		
	Hs di koordinat P (Xt)	Data Buoyweather (ft)	Xt-Ft/Xt
16/03/2017	0,3	0,3	0,00
18/03/2017	0,6	0,4	0,50
19/03/2017	1	0,8	0,30
20/03/2017	1,3	1,4	0,10
21/03/2017	1	0,8	0,30
22/03/2017	0,9	0,6	0,50
23/03/2017	0,6	0,4	0,50
24/03/2017	0,2	0,2	0,00
26/03/2017	0,6	0,5	0,20
27/03/2017	0,2	0,1	0,00
28/03/2017	0,2	0,2	0,00
29/03/2017	0,3	0,3	0,00

Tanggal	Tinggi Gelombang (m)		
	Hs di koordinat P (Xt)	Data Buoyweather (ft)	Xt-Ft/Xt
03/04/2017	0,9	0,9	0,00
04/04/2017	1	1	0,00
05/04/2017	1,2	1,1	0,10
06/04/2017	0,9	0,7	0,30
07/04/2017	0,7	0,6	0,20
08/04/2017	0,6	0,6	0,00
10/04/2017	0,2	0,2	0,00
12/04/2017	0,6	0,3	1,00
13/04/2017	0,2	0,1	1,00
14/04/2017	0,3	0,3	0,00
15/04/2017	1,1	0,9	0,20
16/04/2017	0,6	0,5	0,20
17/04/2017	1,1	0,9	0,20
18/04/2017	0,9	0,9	0,00
19/04/2017	1	1	0,00
20/04/2017	1	1,1	0,10
21/04/2017	1	0,8	0,30
22/04/2017	1	1,1	0,10
23/04/2017	1,1	0,8	0,10
24/04/2017	1,1	1	0,10
25/04/2017	1	0,9	0,10
26/04/2017	0,8	0,6	0,30
27/04/2017	0,6	0,6	0,00
28/04/2017	1,1	0,9	0,10
29/04/2017	1	0,9	0,10
01/05/2017	0,6	0,3	1,00
02/05/2017	0,3	0,3	0,00

Tanggal	Tinggi Gelombang (m)		
	Hs di koordinat P (Xt)	Data Buoyweather (ft)	Xt-Ft/Xt
03/05/2017	0,3	0,4	0,30
04/05/2017	0,8	0,6	0,30
05/05/2017	0,3	0,3	0,00
06/05/2017	0,6	0,5	0,20
07/05/2017	0,5	0,4	0,30
	Total		9,00

*Data buoyweather periode 16 Maret 2017 sampai 7 Mei 2017

Hasil perbandingan tersebut diilustrasikan oleh grafik pada gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan dengan Data Buoyweather

Sumbu grafik pada gambar 4.6 yaitu sumbu x menunjukkan jumlah hari dan sumbu y menunjukkan ketinggian gelombang (m). Garis berwarna merah merupakan data tinggi gelombang hasil permalan secara spasial sedangkan garis berwarna biru merupakan ketinggian

gelombang yang direkam oleh situs buoyweather.com. Grafik menunjukkan bahwa pola yang dimiliki oleh 2 garis tersebut hampir mendekati sama dan tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Ketepatan peramalan dapat dilihat dari nilai validasi yang diperoleh dari perbedaan kedua tinggi gelombang tersebut.

Validasi hasil perbandingan ditentukan dengan melihat besar nilai MAPE dengan menggunakan rumus 2.19 sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{100\%}{44} \times 9$$

$$MAPE = 12.59 \%$$

Validasi terhadap perbandingan hasil ramalan secara spasial dengan data buoyweather bahwa ketepatan hasil peramalan didapatkan nilai MAPE 12.59%. Berdasarkan nilai MAPE yang diperoleh dapat diketahui bahwa akurasi prediktor yaitu 87.41%. Nilai validasi menunjukkan bahwa ketepatan hasil peramalan oleh metode thiessen polygon terhadap perbandingan data buoyweather cukup baik. Kelemahan situs buoyweather sebagai data validasi adalah situs ini memiliki hasil peramalan yang berubah-ubah dan terkadang peramalan tinggi gelombang bernilai 0.

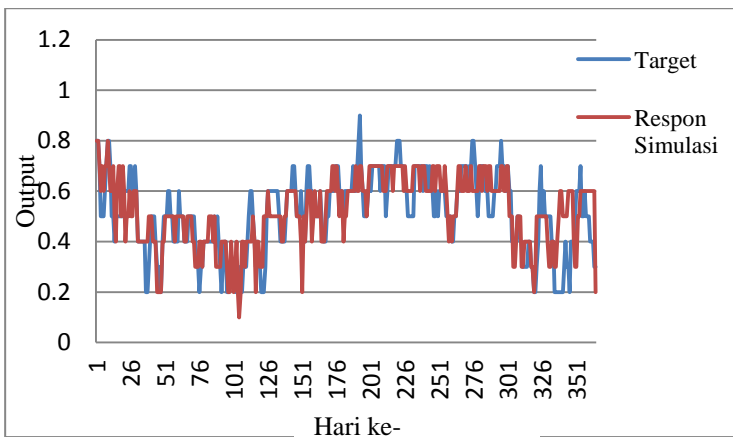
4.4 Analisis Model Jaringan Saraf Tiruan

a. Tahap Pelatihan

Hasil perancangan tahap pelatihan diperoleh sistem jaringan terbaik yaitu dengan arsitektur 36-10-12 yang berarti 36 simpul lapisan masukan, 10 simpul lapisan tersembunyi dan 12 simpul lapisan keluaran. Berdasarkan hasil percobaan bahwa nilai performansi terkecil yaitu 0.001 dan korelasi 0,80374 dengan parameter lapisan tersembunyi sebanyak 10 dan *learning rate* 0.3. Arsitektur terbaik digunakan untuk menjadi model jaringan untuk meramalkan tinggi gelombang signifikan 1 tahun kedepan.

b. Tahap Pengujian

Tahap pengujian bertujuan untuk menguji validasi data yang telah dilakukan pada proses tahap training dengan memasukkan masukan untuk mengetahui nilai error yang dihasilkan. Tahap pengujian dilakukan menggunakan rancangan arsitektur terbaik yang telah didapatkan dari tahap pelatihan. Arsitektur yang akan digunakan yaitu 36-10-12 dengan nilai *learning rate* 0.3 dan besar error 0.01. Korelasi yang diperoleh dari tahap training yaitu 0.80374 yang berarti antara variabel-variabel aktual dengan keluaran jaringan saraf tiruan pada pengujian mempunyai korelasi yang baik. Langkah selanjutnya dilakukan simulasi terhadap arsitektur jaringan dan masukan untuk mengetahui respon keluaran dari perancangan sistem jaringan.



Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Simulasi dan Target

Gambar 4.6 merupakan grafik perbandingan respon simulasi sistem jaringan dengan data target pelatihan. Garis berwarna biru adalah data target pelatihan tahun 2015. Garis berwarna merah adalah respon simulasi terhadap data masukan pelatihan. Ketepatan pengujian sistem jaringan

diketahui dengan menghitung nilai MAPE terhadap perbandingan hasil peramalan tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{X_t - F_t}{X_t}$$

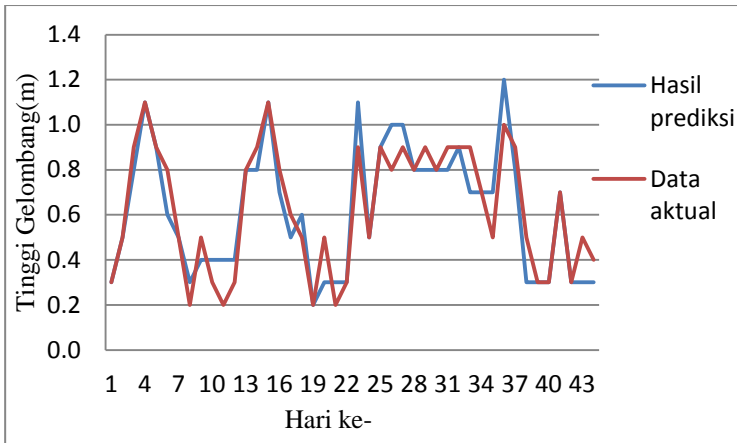
$$MAPE = \frac{100\%}{366} \times 69,047222$$

$$MAPE = 18,86 \%$$

Nilai MAPE yang dihasilkan terhadap data pengujian adalah 18,86%. Nilai MAPE yang telah diperoleh dapat diketahui bahwa akurasi prediktor yaitu 81.14%. Hal ini berarti jaringan sudah memiliki ketepatan peramalan dalam kategori yang baik.

4.5 Analisis Validasi Hasil Simulasi Sistem Prediktor Temporal

Tahap prediksi merupakan tahap prakiraan data untuk periode yang akan datang dengan menggunakan data dari periode lampau. Penelitian ini telah dilakukan prediksi tinggi gelombang dengan menggunakan masukan 3 tahun yaitu tahun 2014, 2015 dan 2016 untuk memprediksi tinggi gelombang laut tahun 2017 di koordinat 5.578029°S-113.77044°E. Prediksi dilakukan dengan menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik yang telah diuji. Berikut gambar 4.7 tampilan grafik perbandingan dari hasil ramalan tinggi gelombang metode jaringan saraf tiruan dengan data aktual.



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang secara Temporal

Gambar 4.7 merupakan grafik perbandingan hasil prediksi tinggi gelombang dengan data aktual. Garis berwarna biru adalah hasil peramalan tinggi gelombang dengan jaringan saraf tiruan untuk periode bulan Maret 2017. Garis berwarna merah adalah data aktual bulan periode 16 Maret 2017 sampai 7 Mei 2017 yang direkam dari situs buoyweather. Ketepatan peramalan diketahui dengan menghitung nilai MAPE terhadap perbandingan hasil peramalan tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{X_t - F_t}{X_t}$$

$$MAPE = \frac{701,94}{44}$$

$$MAPE = 15,95 \%$$

Nilai ketepatan hasil peramalan tinggi gelombang bulan Maret 2017 di koordinat 5.578029°S-113.77044°E yaitu MAPE sebesar 15,95 %. Berdasarkan nilai MAPE yang diperoleh dapat diketahui bahwa akurasi prediktor yaitu

84,05%. Nilai akurasi yang diperoleh baik yang berarti peramalan dengan arsitektur jaringan saraf tiruan yang telah dirancang menghasilkan data tinggi gelombang yang hampir mendekati data yang telah ada. Hal ini berarti hasil prediksi yang diperoleh untuk peramalan tinggi gelombang laut secara spasial dan temporal untuk perairan dangkal Jawa Timur dapat digunakan karena tingkat akurasi yang cukup tinggi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan langkah-langkah penyelesaian masalah dalam mencapai tujuan dari tugas akhir ini, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Telah dilakukan perancangan sistem prediktor dengan mengintegrasikan metode thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan untuk meramalkan tinggi gelombang laut secara spasial dan temporal.
2. Setelah didapatkan data tinggi gelombang secara spasial dilakukan peramalan secara temporal untuk periode 1 tahun kedepan menggunakan metode jaringan saraf tiruan dengan arsitektur 36 simpul lapisan masukan, 10 lapisan tersembunyi, 12 simpul lapisan keluaran dan nilai *learning rate* sebesar 0,3.
3. Hasil validasi perancangan prediktor tinggi gelombang menggunakan integrasi dari metode thiessen polygon dan jaringan saraf tiruan di koordinat 5.578029°S-113.77044°E adalah sebagai berikut:
 - Validasi terhadap peramalan tinggi gelombang secara spasial dengan metode thiessen polygon dengan menggunakan data tinggi gelombang dari situs Buoyweather didapatkan hasil ketepatan peramalan berupa nilai MAPE 12.59% dan akurasi 87.41%.
 - Validasi data pengujian perancangan sistem prediktor dengan metode jaringan saraf tiruan diperoleh ketepatan hasil peramalan nilai MAPE sebesar 18,86% dan akurasi prediktor 81.14%.
 - Validasi data prediksi tahun 2016 dari perancangan sistem prediktor dengan metode jaringan saraf tiruan diperoleh ketepatan hasil peramalan berupa nilai MAPE sebesar 15.95% dan akurasi prediktor 84.05%.

5.2 Saran

Saran yang perlu disampaikan untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data angin yang hilang atau tidak lengkap bisa digantikan dengan menggunakan metode yang lebih baik.
2. Perlunya dilakukan perubahan parameter untuk pelatihan metode jaringan syaraf tiruan agar lebih menghasilkan arsitektur jaringan terbaik sehingga nilai ketepatan peramalan bisa ditingkatkan.
3. Perlunya penambahan data masukan periode yang lebih banyak agar pengenalan pola saat dilatih lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

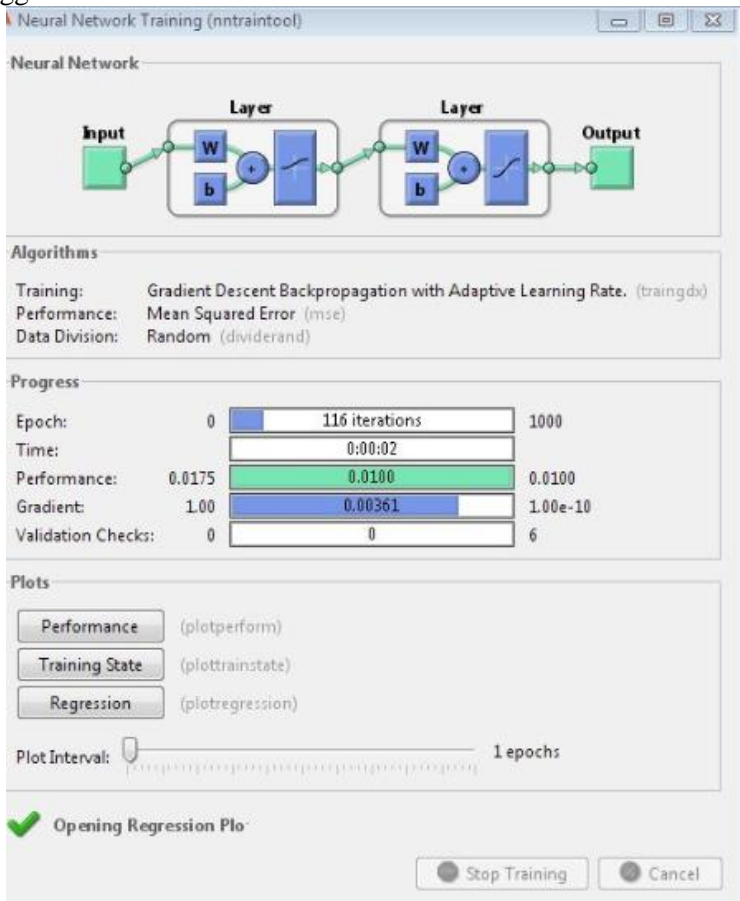
- Aisjah, A. S. (2011). Maritime weather prediction using fuzzy logic in Java Sea for shipping feasibility. *Conference Paper DOI: 10.1109/ICA.2011.6130157*
- Baboo, D. S. (2012). An Efficient Weather Forecasting System Using Artificial Neural Network. *Internatioal Journal of Environmental Science and Development Vol 1 No4 ISSN 20120-0264* .
- CERC. (1984). *Shore Protection Manual Volume 1*. Washinton DC: US Government Printing office.
- Chandra, A. (2010). Perancangan Model Adaptive Nuro Fuzzy Inference System untuk Memprediksi Cuaca Maritim.
- Danistha, W. (2016). verdruv Munk Bretschneider Modification (SMB) for Signifiant Wave Heiht Prediction in Java Seas. *British Journal of Applied Science and Technology ISSN 2231-0843* .
- DAS, T. P. (2009). *Pengantar Klimatologi*. Makassar: Laboratorium Pengelolaan DAS dan Konservasi Sumber Daya Hutan, Tanah dan Air.
- Devi, C. (2012). ANN Approach for Weather Prediction using Back Propagation. *International Journal of Engineering Trends and Technology* , 19-23.
- Farid, A. (Desember 2008). Karakteristik Gelombang Pecah di Perairan Perak Surabaya. *Embryo Vol.5 no 2 ISSN 0216-0188* .
- Frans, P. L. (2013). Analisa Karakteristik Gelombang untuk Pembangunan Pangkalan Pendaratan Ikan Eri Ambon. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi LOGIKA ISSN 1693-9018 Vol 11 No 1* , 7-16.
- Fossen, T. I. (2011). *Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control*. John Wiley & Sons, Ltd.

- Hagaen, M. D. (2011). *Neural Network Design*. Oklahoma: 2nd Edition.
- Hakim, J. A. (2011). Perancangan Sistem Prediktor Maritim dengan Metode Lofika Fuzzy untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan Studi Kasus : Pelayaran Surabaya-Banjarmasin.
- Hasanudin, L. G. (2014). *Membuat Peta Persebaran Curah Hujan Menggunakan Metode Thiessen, IDW dan Spline*. Makasar.
- Margi, K. (2015). Analisa dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan pada Periode Tertentu. *Prosiding SNATIF ISBN:978-602-1180-21-1*.
- Maria . (2012). *Penggunaan Jaringan Staraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer di Politeknik Negeri Sriwijaya*. Semarang: Tidak dipublikasikan.
- Matouq, M. (2013). The climate change implication on Jordan: A case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting. *Journal of Taibah University for Science* 7, 44-45.
- Michael, A. (2010). Penerapan jaringan Saraf Tiruan untuk Peramalan. *Jurnal Teknik Industri Vol 2 No 2* , 106-114.
- Mitas, L. (2005). *Spatial Interpolation*.
- N, F. (2012). Development of Pakistan's New Area Weighted Rainfall Using Thiessen Polygon Method. *Pakistan Journal of Meteorology* , 107-116.
- Pitartyanti, M. (2014). *Rancang bangun sistem akuisisi data prototype buoy weather type I berbasis mikrokontroller*. Surabaya: Tidak dipublikasikan.
- Purnamasari, R. W. (2013). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Sebagai Sistem Deteksi Penyakit Tuberculosis (TBC). *Jurnal skripsi jurusan matematika Universitas Negeri Semarang* .
- Putri, H. S. (2015). Perancangan Prediktor Cuaca Maritim

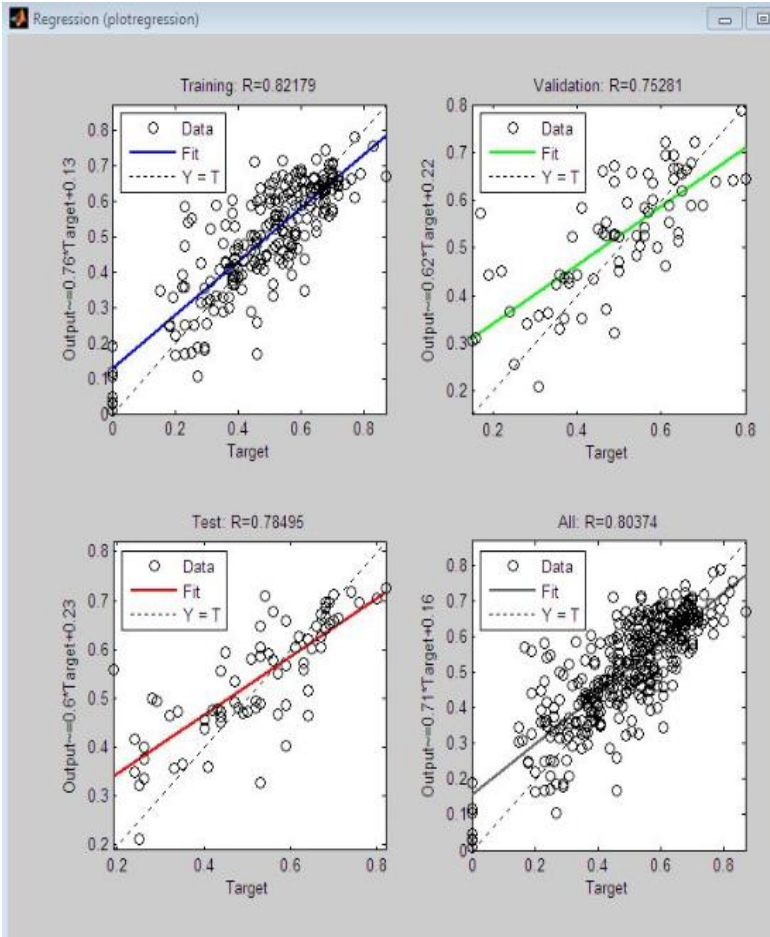
- Berbasis Logika Fuzzy Sebagai Decison Support Untuk Keselamatan Nelayan. *Jurnal Teknik Fisika* .
- R, B. (2013). Comparision Of Mean and Weighted Annual Rainfall in Anantapur District. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* , 2794-2800.
- Rizianiza, I. (2015). Perancangan Prediktor Ketinggian Gelombang di Perairan Sumatera-Jawa Berbasis Artificial Neural Network. *Seminar Nasional Teknologi Infomasi da Komunikasi* .
- Sampurna, R. J. (2011). Perancangan Sistem Prediktor dengan Menggunakan Metode ANFIS Untuk Meningkatkan Ramalan Studi Kasus Pelayaran Surabaya-Banjarmasin.
- Saputra, H. (2015). *Liputan6*. Dipetik Desember 29, 2016, dari Tenggelam Kapan Marina: www.liputan6.com
- Sarjani, D. (2009). Modul Cuaca dan Iklim . Umi Budiaastuti.
- Shahidi, E. (2009). On The Prediction of Wave Parameters Using Simplified Methods. *Journal of Coastal Research ICS2009 Proceedings ISSN 0749-0258* , 500-509.
- Siang, J. J. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Utari, D. H. (2012). Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik* , 154-163.
- Varma, A. K. (2013, Desember). Evolution of Wind Rose Diagrams for RTPP India. (www.ijird.com, Penyunt.) *International Journal of Innovative Research & Development ISSN2278-0211 Vol 2 Issue 13* , 150-154.

LAMPIRAN A

Tampilan hasil *training* arsitektur terbaik untuk ramalan data tinggi gelombang metode jaringan saraf tiruan menggunakan MATLAB 7.8.0



Gambar A.1 Tampilan *Neural Network Training*



Gambar A.1 Tampilan Plot Regression

LAMPIRAN B

Lampiran ini berisi hasil simulasi pengujian dan prediksi ramalan tinggi gelombang metode jaringan saraf tiruan menggunakan MATLAB 7.8.0

❖ Simulasi Pengujian Respon

```
>>hasil=sim(jst,masukan)
```

```
>> hasil=sim(jst,input)
```

```
hasil =
```

```
Columns 1 through 8
```

0.7828	0.6882	0.7087	0.6529	0.6187	0.6957	0.7495	0.8042
0.5692	0.5965	0.6406	0.5606	0.4744	0.3624	0.5116	0.4301
0.5302	0.4845	0.5921	0.6167	0.4921	0.5238	0.5118	0.4816
0.5236	0.5164	0.5759	0.5938	0.5455	0.3273	0.3383	0.4357
0.5686	0.4332	0.6142	0.6930	0.6383	0.4831	0.5122	0.5141
0.6040	0.6712	0.6633	0.6758	0.6152	0.6536	0.6848	0.6280
0.6943	0.6348	0.6654	0.6580	0.6403	0.7085	0.7728	0.7135
0.7018	0.8350	0.8026	0.7932	0.8724	0.7114	0.7292	0.6737
0.7094	0.7399	0.6572	0.5533	0.6560	0.6905	0.5820	0.6236
0.7625	0.7162	0.8347	0.8595	0.7528	0.7758	0.7979	0.7832
0.4250	0.3949	0.5735	0.6532	0.6191	0.5887	0.5244	0.4211
0.3177	0.3098	0.3135	0.3591	0.3464	0.3457	0.3121	0.3087

```
Columns 9 through 16
```

0.8014	0.6736	0.6431	0.6414	0.7074	0.7544	0.7325	0.7444
0.4855	0.5897	0.5925	0.5769	0.5819	0.5083	0.4732	0.3764
0.4081	0.4677	0.4323	0.5788	0.4353	0.4803	0.4327	0.4615
0.4315	0.2897	0.2971	0.3987	0.3128	0.4789	0.3539	0.3165
0.5103	0.5331	0.4742	0.6144	0.5766	0.6534	0.6729	0.7031
0.5376	0.5122	0.5488	0.6751	0.6134	0.6394	0.6368	0.5977
0.7136	0.7420	0.7487	0.8067	0.7539	0.7334	0.8452	0.8527
0.6875	0.7669	0.7990	0.7577	0.7110	0.6892	0.6657	0.7164
0.6669	0.7259	0.6888	0.6091	0.7081	0.7417	0.5932	0.6374
0.7123	0.6933	0.6471	0.7467	0.6753	0.7495	0.7346	0.7320
0.3617	0.5678	0.3903	0.4974	0.4409	0.5699	0.5845	0.6261
0.3251	0.3565	0.3271	0.4016	0.6081	0.8127	0.8499	0.8727

```
Columns 17 through 24
```

0.7380	0.6699	0.6583	0.7106	0.6458	0.6538	0.5482	0.6000
0.3894	0.4389	0.5967	0.5531	0.5699	0.5457	0.5582	0.6116
0.4027	0.4759	0.4133	0.3718	0.3912	0.4339	0.4477	0.3875
0.2974	0.4001	0.4860	0.4187	0.4512	0.5048	0.5017	0.4863
0.6692	0.6531	0.5867	0.6158	0.6555	0.5884	0.6079	0.5206
0.5795	0.6628	0.6718	0.6481	0.5851	0.6021	0.5348	0.5696
0.8056	0.8312	0.8107	0.7924	0.7620	0.6864	0.6772	0.6767
0.7670	0.7039	0.7336	0.7350	0.8069	0.6551	0.7402	0.7399
0.6845	0.6123	0.6600	0.6233	0.6608	0.7494	0.7391	0.7391
0.7026	0.7436	0.7324	0.7069	0.7027	0.6752	0.6091	0.6206
0.6021	0.6287	0.6152	0.5891	0.6307	0.5440	0.4288	0.4163
0.7027	0.7762	0.6260	0.6401	0.5644	0.5921	0.6266	0.5735

Columns 25 through 31

0.5746	0.6034	0.7419	0.7769	0.8080	0.6922	0.4707
0.5913	0.1178	0.3774	0.4292	0.1485	0.2505	0.1469
0.4644	0.6149	0.4719	0.4670	0.4571	0.4202	0.3477
0.4800	0.4769	0.3632	0.2844	0.2642	0.1946	0.1575
0.5037	0.6478	0.4879	0.5691	0.4246	0.6333	0.6173
0.5781	0.6295	0.5638	0.5389	0.6930	0.6609	0.2543
0.6661	0.7433	0.7321	0.7210	0.6793	0.8088	0.8597
0.7625	0.6655	0.6501	0.7356	0.6833	0.7431	0.7261
0.7633	0.7266	0.7537	0.7747	0.7443	0.4576	0.0267
0.6281	0.7273	0.7177	0.7294	0.7462	0.6636	0.6255
0.4621	0.5241	0.4020	0.5629	0.4023	0.3400	0.0449
0.5147	0.6299	0.4022	0.4265	0.3655	0.5905	0.4340

>> respon = [hasil;target]

>> respon=[hasil;target]

respon =

Columns 1 through 16

0.7628	0.6982	0.7087	0.6539	0.6187	0.6957	0.7465	0.8942	0.8014	0.6716	0.6411	0.6414	0.7074	0.7544	0.7155	0.7444
0.5692	0.5965	0.6066	0.5066	0.4744	0.6264	0.5116	0.4301	0.4655	0.6997	0.5925	0.5709	0.5819	0.5893	0.4791	0.3764
0.3302	0.4845	0.5921	0.6167	0.4921	0.5318	0.4816	0.4081	0.4677	0.4313	0.5788	0.4353	0.4803	0.4317	0.4615	
0.5216	0.5164	0.5759	0.5938	0.5455	0.3181	0.4157	0.4315	0.4387	0.3971	0.3987	0.3128	0.4789	0.4339	0.3165	
0.5686	0.4322	0.6149	0.6590	0.6981	0.4611	0.5122	0.5103	0.5331	0.4742	0.6144	0.5766	0.6534	0.6709	0.7001	
0.6040	0.6712	0.6633	0.6798	0.6152	0.6316	0.6848	0.6280	0.5176	0.5122	0.6488	0.6751	0.6334	0.6394	0.6368	0.5977
0.6549	0.6348	0.6554	0.6580	0.6403	0.7085	0.7718	0.7116	0.7420	0.7487	0.8007	0.7539	0.7334	0.8452	0.8527	
0.7018	0.8350	0.8026	0.7931	0.8714	0.7114	0.7292	0.6737	0.6875	0.7629	0.7950	0.7577	0.7110	0.6952	0.6357	0.7164
0.7094	0.7199	0.6371	0.5533	0.6560	0.6945	0.5820	0.6216	0.6669	0.7259	0.6988	0.6051	0.7081	0.7417	0.5931	0.6374
0.7625	0.7162	0.6547	0.6955	0.7528	0.7798	0.7979	0.7922	0.7123	0.6933	0.6471	0.7467	0.6753	0.7495	0.7146	0.7100
0.4150	0.3348	0.5705	0.6332	0.6191	0.3887	0.5344	0.4111	0.3617	0.6678	0.3903	0.4974	0.4409	0.5699	0.5945	0.6261
0.3177	0.3098	0.3135	0.3581	0.3464	0.3457	0.3121	0.3087	0.3151	0.3555	0.3271	0.4016	0.6081	0.8117	0.9499	0.8777
0.8400	0.8990	0.7950	0.5700	0.4400	0.5500	0.7800	0.8000	0.5100	0.6800	0.6600	0.6800	0.6200	0.6300	0.6900	0.8000
0.5500	0.4500	0.5400	0.6400	0.5000	0.3700	0.3700	0.3900	0.0000	0.7100	0.7000	0.6700	0.4600	0.4000	0.1600	0.4900
0.5900	0.6000	0.6400	0.5900	0.5700	0.3700	0.5100	0.4600	0.5500	0.4300	0.4900	0.6500	0.6300	0.6000	0.4600	0.5500
0.4500	0.4100	0.4500	0.4500	0.5600	0.3100	0.3000	0.4000	0.4100	0.3400	0.3100	0.4300	0.3000	0.4100	0.3500	0.4200
0.3700	0.3500	0.3400	0.4500	0.5000	0.4100	0.6100	0.6200	0.6500	0.6700	0.5000	0.5000	0.7100	0.7000	0.6700	0.6000
0.4500	0.4900	0.6000	0.7000	0.6900	0.7000	0.5100	0.5100	0.5600	0.5600	0.5700	0.7000	0.7000	0.7000	0.5700	0.5500
0.6000	0.6900	0.6200	0.6300	0.6300	0.6800	0.6900	0.6800	0.6800	0.7100	0.8300	0.9100	0.8800	0.8200	0.7800	0.8200
0.6200	0.7100	0.7100	0.7800	0.7800	0.7400	0.7900	0.8400	0.8100	0.8000	0.7100	0.7400	0.8100	0.8500	0.8800	0.7500
0.7500	0.6700	0.6700	0.5300	0.5500	0.6100	0.6100	0.6000	0.6400	0.6500	0.6000	0.6400	0.6300	0.6700	0.7100	0.7400
0.8200	0.8600	0.8600	0.7700	0.6900	0.6200	0.6500	0.7500	0.6100	0.7700	0.6600	0.7200	0.6900	0.7000	0.6800	0.7500
0.4900	0.5000	0.5000	0.5600	0.5600	0.5100	0.4900	0.4100	0.4100	0.4400	0.4900	0.4900	0.4900	0.5300	0.4900	0.3100
0.3500	0.3100	0.3400	0.3100	0.4000	0.3100	0.3800	0.4000	0.3900	0.3100	0.3700	0.3900	0.5100	0.6400	0.7600	0.7700

Columns 17 through 31

0.71980	0.66599	0.65883	0.71106	0.64588	0.65338	0.54682	0.60000	0.57146	0.60334	0.74119	0.77589	0.80880	0.69212	0.47007
0.38894	0.43389	0.59677	0.55311	0.56999	0.54567	0.55582	0.61116	0.59113	0.11178	0.37774	0.42982	0.14885	0.15005	0.14629
0.40027	0.47559	0.41333	0.37118	0.39312	0.43339	0.44777	0.38755	0.46444	0.61469	0.47119	0.46700	0.45711	0.42002	0.34777
0.39774	0.40011	0.48660	0.41887	0.45512	0.50348	0.50177	0.48633	0.48000	0.47769	0.38312	0.28444	0.26242	0.19146	0.18575
0.66692	0.65511	0.58677	0.61588	0.65555	0.58944	0.60799	0.52006	0.50377	0.64708	0.48719	0.56591	0.42436	0.63333	0.61173
0.57185	0.66218	0.67118	0.64811	0.58511	0.60211	0.53348	0.58966	0.57811	0.62955	0.58388	0.53389	0.69300	0.66009	0.25443
0.80856	0.83112	0.81007	0.79244	0.76210	0.68644	0.67712	0.67677	0.66611	0.74333	0.73111	0.72110	0.67593	0.80858	0.85997
0.76700	0.70319	0.73316	0.73350	0.80069	0.65511	0.74002	0.73399	0.76215	0.66555	0.65011	0.73366	0.68333	0.74311	0.72611
0.68455	0.61233	0.66000	0.62333	0.66088	0.74944	0.73391	0.73391	0.76333	0.72666	0.75377	0.77747	0.74433	0.45716	0.02677
0.70216	0.74316	0.73124	0.70669	0.70077	0.67832	0.60911	0.62016	0.62811	0.72713	0.71177	0.72894	0.74462	0.68316	0.62655
0.60321	0.62827	0.61552	0.58951	0.63007	0.54540	0.42888	0.41633	0.46211	0.55411	0.40200	0.56529	0.40233	0.94000	0.04449
0.70277	0.77762	0.62660	0.64011	0.56444	0.59211	0.62166	0.57315	0.51477	0.62959	0.40022	0.42665	0.36355	0.59005	0.43400
0.89500	0.80000	0.60000	0.61000	0.80000	0.62000	0.55500	0.67000	0.67000	0.71000	0.68000	0.67000	0.71000	0.76000	0.54000
0.42000	0.58000	0.69000	0.67000	0.60000	0.54000	0.51000	0.49000	0.50000	0.43000	0.44000	0.40000	0	0	0
0.38000	0.35000	0.38000	0.36000	0.32000	0.34000	0.31000	0.35000	0.35000	0.33000	0.44000	0.43000	0.46000	0.45000	0.14000
0.37000	0.39000	0.41000	0.41000	0.41000	0.47000	0.55000	0.60000	0.58000	0.28000	0.26000	0.24000	0.37000	0.33000	0
0.57000	0.56000	0.61000	0.60000	0.68000	0.61000	0.57000	0.60000	0.65000	0.60000	0.58000	0.45000	0.55000	0.59000	0.60000
0.53000	0.59000	0.67000	0.67000	0.68000	0.59000	0.60000	0.64000	0.64000	0.66000	0.63000	0.55000	0.58000	0.58000	0
0.75000	0.69000	0.74000	0.71000	0.70000	0.75000	0.70000	0.65000	0.70000	0.72000	0.70000	0.75000	0.78000	0.73000	0.67000
0.68000	0.61000	0.62000	0.53000	0.55000	0.62000	0.60000	0.61000	0.68000	0.69000	0.71000	0.71000	0.76000	0.80000	0
0.78000	0.76000	0.82000	0.82000	0.75000	0.73000	0.78000	0.75000	0.70000	0.66000	0.74000	0.72000	0.63000	0.64000	0.58000
0.32000	0.50000	0.45000	0.65000	0.70000	0.54000	0.94000	0.40000	0.41000	0.52000	0.51000	0.57000	0.43000	0.39000	0
0.97000	0.94000	0.56000	0.86000	0.62000	0.52000	0.64000	0.49000	0.49000	0.43000	0.41000	0.47000	0.39000	0.34000	0.41000

❖ Simulasi Prediksi Tinggi Gelombang Tahun 2017

```
>> input_test = [th14;th15;th16]
```

```
>> prediksi = sim(jst,input_test)
```


prediksi =

Columns 1 through 11

0.7760	0.7868	0.7852	0.7778	0.7831	0.7864	0.7897	0.7791	0.7802	0.7810	0.7850
0.4643	0.4893	0.4816	0.4656	0.4417	0.4717	0.4879	0.5037	0.5120	0.4753	0.4559
0.4689	0.4985	0.4987	0.4898	0.4904	0.4822	0.4944	0.4910	0.4828	0.4879	0.4944
0.1788	0.2341	0.2440	0.2335	0.2460	0.2348	0.2199	0.2024	0.1835	0.2433	0.2684
0.3737	0.3462	0.3404	0.3453	0.3320	0.3445	0.3690	0.4082	0.4367	0.3323	0.3507
0.3581	0.4178	0.4239	0.3991	0.3886	0.3688	0.3976	0.4426	0.4716	0.4368	0.4186
0.5497	0.5522	0.5634	0.5650	0.5538	0.5404	0.5433	0.5532	0.5543	0.5509	0.5509
0.7176	0.7000	0.6942	0.7013	0.7158	0.7218	0.7200	0.7137	0.7187	0.6931	0.7076
0.6605	0.6522	0.6569	0.6579	0.6392	0.6374	0.6396	0.6454	0.6464	0.6510	0.6102
0.6889	0.6875	0.6926	0.6803	0.6871	0.6813	0.7011	0.7173	0.7295	0.6915	0.6874
0.2279	0.2356	0.2132	0.1960	0.1598	0.1734	0.2198	0.2842	0.2751	0.2578	0.2013
0.3113	0.2740	0.3006	0.3256	0.3219	0.2799	0.2710	0.2819	0.2721	0.2945	0.2904

Columns 12 through 22

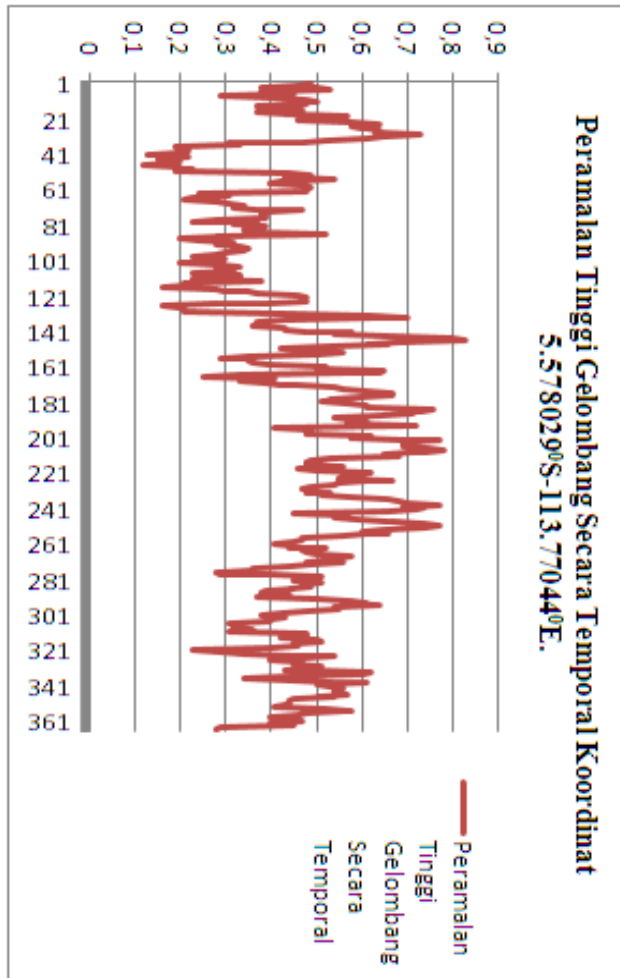
0.7574	0.7650	0.7800	0.7152	0.6288	0.6968	0.7056	0.7490	0.7421	0.7593	0.7740
0.4443	0.4444	0.3309	0.2001	0.3361	0.3696	0.4081	0.3761	0.4587	0.4634	0.4882
0.4757	0.4638	0.4586	0.4242	0.3788	0.3977	0.4312	0.4530	0.4685	0.4902	0.5261
0.2687	0.3266	0.3466	0.2408	0.1466	0.2010	0.1238	0.1853	0.2074	0.2419	0.3489
0.3821	0.3970	0.3482	0.4051	0.5228	0.4739	0.5128	0.4799	0.4522	0.3805	0.3040
0.4853	0.5298	0.6335	0.2040	0.3788	0.4081	0.3323	0.2993	0.4287	0.4367	0.4985
0.5800	0.5888	0.5284	0.5201	0.5563	0.5512	0.5508	0.5353	0.5985	0.5933	0.6371
0.6691	0.6559	0.7057	0.7567	0.7281	0.7066	0.7633	0.7707	0.7237	0.7021	0.6668
0.6517	0.6383	0.5373	0.4810	0.6040	0.5760	0.6038	0.4795	0.6294	0.6418	0.6035
0.6700	0.6467	0.5975	0.6321	0.6998	0.6582	0.7317	0.7023	0.6955	0.6880	0.6792
0.2837	0.2639	0.2559	0.2477	0.3950	0.3712	0.2558	0.1859	0.2727	0.2229	0.1805
0.3967	0.4249	0.3708	0.4324	0.4791	0.4237	0.4190	0.3979	0.4468	0.3884	0.3382

Columns 23 through 31

0.7640	0.7738	0.7768	0.7278	0.7128	0.7153	0.6956	0.5547	0.4268
0.4740	0.4809	0.4797	0.4507	0.4016	0.4404	0.4147	0.2148	0.0361
0.5174	0.5243	0.5259	0.4784	0.4151	0.4821	0.4555	0.3179	0.4518
0.3310	0.3775	0.4142	0.3401	0.2974	0.3289	0.3757	0.3900	0.3322
0.3146	0.2935	0.2840	0.4123	0.4701	0.4051	0.4608	0.5468	0.1687
0.4948	0.5216	0.5430	0.5492	0.5353	0.5364	0.5871	0.6138	0.0687
0.6300	0.6323	0.6384	0.6244	0.5862	0.6259	0.6443	0.6570	0.6281
0.6631	0.6486	0.6328	0.6573	0.6675	0.6607	0.6388	0.6015	0.5251
0.6289	0.6148	0.6002	0.6440	0.6542	0.6367	0.5907	0.6227	0.0050
0.6752	0.6642	0.6451	0.6510	0.6446	0.6604	0.6414	0.5819	0.4542
0.1883	0.1724	0.1742	0.2688	0.3301	0.2688	0.3635	0.4984	0.2068
0.3567	0.3315	0.3345	0.4603	0.4989	0.4507	0.5245	0.6244	0.2270

LAMPIRAN C

Lampiran ini berisi data tinggi gelombang tahun 2012-2016 hasil ramalan metode thiessen polygon untuk koordinat 5.578029°S - $113.77044^{\circ}\text{E}$.



BIODATA PENULIS



Nama Penulis Windari Afrita Sonya dilahirkan di Kota Padang, tanggal 4 Juni 1996 dari ayah yang bernama Afliza Hendri dan Ibu bernama Rita Susanti. Saat ini penulis tinggal di Desa Batu Busuk, RT 002/ RW 003, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Pada tahun 2007 penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SDN 17 Ps Ambacang. Kemudian pada tahun 2010 telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 10 Padang. Tahun 2013 berhasil menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 10 Padang. Pada bulan Juli 2017 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR KETINGGIAN GELOMBANG BERBASIS THIESSEN POLYGON DAN JARINGAN SARAF TIRUAN DI PERAIRAN DANGKAL JAWA TIMUR**. Suka dan duka telah dilewati penulis untuk upaya menyelesaikan kuliah. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email* sonyawindari@gmail.com.

